

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Racionalizace technologie výroby kalibrovacích
válečků
Rationalization of Sizing Rolls Production
Technology

Student : Bc. David Dorda
Vedoucí diplomové práce : Ing. Šárka Tichá, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

David Dorda
Pražmo 217
739 04 Pražmo

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

DORDA, David. *Racionalizace technologie výroby kalibrovacích válečků*. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, 66 s. Diplomová práce, vedoucí TICHÁ, Šárka.

Diplomová práce se zabývá racionalizací stávající technologie obrábění kalibrovacích válečků. V úvodu je proveden rozbor stávající technologie výroby a volba typového představitele, pro který byl vybrán vhodný CNC obráběcí stroj a navržená nová technologie výroby. Na základě podkladů ze současné technologie byly pro novou technologii výroby zvoleny vhodné řezné nástroje a řezné podmínky. K navrhované technologii obrábění kalibrovacích válečků na nově instalovaném CNC obráběcím stroji byl vytvořen vhodný NC řídicí program.

Nově navržená technologie pro obrábění součásti byla prakticky ověřena a na základě ekonomických hodnotících ukazatelů používaných firmou VÚHŽ, a. s. byla tato navržená technologie porovnána se stávající technologií výroby.

ANNOTATION OF THESIS

DORDA, David. *Rationalization of Sizing Rolls Production Technology*. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2009, 66 p. Thesis, head: TICHÁ, Šárka.

Thesis deals with the rationalization of existing technology machining sizing rolls. The preamble is analyzed existing production technology and the choice of the type for which it was selected the appropriate CNC machine tool and the proposed new technology. On the basis of current technology for the new production technology selected appropriate cutting tools and cutting conditions. The proposed technology machining sizing rolls to the newly installed CNC machine tool has been created suitable numerical control program.

Newly proposed technology for machining parts was practically verified on the basis evaluation of economic indicators used by VÚHŽ, a. s, this proposed technology compared to the existing production technology.

Obsah

Prohlášení studenta.....	3
ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE	5
ANNOTATION OF THESIS	5
Obsah.....	6
Seznam použitého značení	8
1 Úvod.....	10
2 Cíl diplomové práce.....	13
3 Rozbor stávající výroby.....	14
3.1 Volba typového představitele výroby	14
3.2 Způsob výroby	16
3.3 Materiál vyráběné součásti	17
3.4 Výrobní stroje.....	21
3.5 Nástroje	25
3.6 Stávající technologický postup.....	33
3.7 Zhodnocení stávajícího stavu	36
4 Návrh racionalizace výroby	37
4.1 Volba nového CNC stroje	37
4.2 Volba nástrojů pro nově instalovaný CNC stroj.....	39
4.3 Návrh a výpočet řezných podmínek.....	42
4.4 Návrh nové technologie obrábění	45
4.5 Program obrábění pro řídicí systém nově instalovaného CNC stroje	46
4.6 Obecný popis operací při programování u CNC stroje	48
5 Praktické ověření návrhu a vyhodnocení	54
5.1 Simulace dráhy nástrojů nově navrženého NC programu.....	54
5.2 Vyhodnocení návrhu nové technologie obrábění	55
6 Technicko - ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení	56
6.1 Stanovení nákladů na výrobu u stávající technologie	56

6.2	Stanovení nákladů na výrobu u navrhované technologie	57
6.3	Stanovení nákladů na spotřebu nástrojů.....	60
6.4	Stanovení celkové úspory nákladů	62
6.5	Závěr vyplývající z technicko - ekonomického zhodnocení.....	63
7	Závěr	64
	Seznam použité literatury	65
	Seznam Příloh	66

Seznam použitého značení

a_p		[mm]	hloubka řezu
CNB	-		kubický nitrid Bóru
CNC	-		Computerized Numerical Control – počítačový řídicí systém
CVD	-		Chemical Vapour Deposition – chemická metoda povlakování
D		[mm]	průměr obráběné plochy
DV	-	[ks]	roční dávka výroby
DV _m	-	[ks]	měsíční dávka výroby
F	-	[mm]	posuv na otáčku v NC programu
f _{ot}		[mm]	posuv na otáčku
f _z		[mm]	posuv na břit
h	-	[-]	počet řezných hran na jedné straně VBD
HB	-		tvrdost materiálu dle Brinella
HRC	-		tvrdost materiálu dle Rockwella
n		[min ⁻¹]	počet otáček
NC	-		Numerical Control – číslicový řídicí systém
N _{CNT}	-	[Kč/ks]	náklady pro výrobu jednoho kusu u navrhované technologie
N _{CST}	-	[Kč/ks]	náklady pro výrobu jednoho kusu u stávající technologie
N _{io}	-	[Kč/ks]	náklady na i-tou operaci
NO	-		nástrojová ocel
N _{sh}	-	[Kč/hod]	hodinová sazba stroje
N _{sVBD}	-	[Kč/ks]	náklady na spotřebu VBD
p	-	[-]	počet obrobených ploch
PA CVD	-		Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition – chemické povlakování s využitím mikropulzní plazmy
Rm	-	[MPa]	mez pevnosti materiálu v tahu
ŘK	-		řezná keramika
ŘS	-		řídicí systém
s	-	[-]	počet funkčních stran VBD

S	-	$[\text{min}^{-1}]$	počet otáček v NC programu
SK	-		slinutý karbid
S_{VBD}	-	$[\text{ks}]$	spotřeba vyměnitelných břitových destiček
t_{AC}	-	$[\text{min}]$	čistý strojní čas
t_{d}	-	$[\text{min}]$	čas pro přípravu dávky
t_{ic}	-	$[\text{hod/ks}]$	spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace NC programu
t_{icNT}	-	$[\text{hod/ks}]$	spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace pro navrhovanou technologii
t_{icST}	-	$[\text{hod/ks}]$	spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace pro stávající technologii
TK	-		technická kontrola
t_{p}	-	$[\text{min}]$	přípravný čas pro seřízení stroje
t_{u}	-	$[\text{min}]$	čas výměny kusu
U_{C}	-	$[\text{Kč/ks}]$	celková úspora nákladů při výrobě jednoho kusu
U_{CR}	-	$[\text{Kč}]$	celková roční úspora nákladů
U_{NN}	-	$[\text{Kč/ks}]$	úspora nákladů v nástrojích u jednoho kusu výrobku
U_{NV}	-	$[\text{Kč/ks}]$	úspora nákladů ve výkonech u jednoho kusu výrobku
VBD	-		vyměnitelná břitová destička
v_{C}	-	$[\text{m.min}^{-1}]$	řezná rychlost
z	-	$[-]$	počet břitů vyměnitelných břitových destiček
Z_{VBD}	-	$[\text{ks/1VBD}]$	životnost jedné destičky při max. počtu obrobených kusů

1 Úvod

Akciová společnost VÚHŽ Dobrá (dále jen VÚHŽ) vznikla 1. května 1992 kupónovou privatizací ze státního podniku Výzkumný ústav hutnictví železa, původně založeného 1. dubna 1948 tehdejším generálním ředitelstvím Československé hutě pod názvem Ocelářský výzkumný ústav se sídlem v Praze. Od roku 1972 sídlí VÚHŽ v areálu vybudovaném v Dobré u Frýdku-Místku.

Společnost VÚHŽ se zaměřuje na malosériovou výrobu a je zaměřena zejména exportním směrem na oblast hutní výroby (odstředivé lití, válcování profilů za tepla), strojní výroby (malosériové stroje a linky, zvukové izolace a kryty) a výroba měřicích, regulačních a automatizačních technik pro průmysl. Preferuje dodávky na klíč podle konkrétních požadavků zákazníka.

Součástí nabídky společnosti jsou služby (výzkum a vývoj nových materiálů a technologií, akreditované zkušebnictví, poradenství a expertízy). Při odborných konzultacích napomáhá zanalyzovat problém s následným návrhem, případně vývojem optimálního materiálu, technologie výroby a zpracování pro dosažení požadovaných užitečných vlastností a konkrétního návrhu k dosažení reálných úspor výrobních nákladů, snížení nebo odstranění ekologicky negativních vlivů zákaznickovy výrobní činnosti apod.

V současné době se zabývá VÚHŽ výrobou elektromagnetických měřičů hladiny oceli v krystalizátoru kontilitů. Divize Automatizace jako jeden z mála výrobců na světě dodává elektromagnetické hladinoměry pro měření úrovně tekuté oceli v krystalizátorech zařízení pro plynulé odlévání brámového a blokového typu.

V Divizi Válcovna speciálních profilů, vyrábí speciální válcované profily z konstrukčních, nástrojových a nerezových ocelí, neželezných kovů v malých výrobních sériích 10 – 100 t. Mnoho tvarů, které se v současné době vyrábějí svařováním, spojováním, obráběním, kováním, odléváním nebo jinými způsoby, může být ekonomicky nahrazeno použitím válcovaných speciálních profilů například pro výrobu závěsů (pantů) automobilů.

Divize Slévárna se zabývá výrobou odstředivě litých válců pro potravinářský průmysl, zejména mlecích válců a odstředivě litých redukovacích a kalibrovacích válců pro rourovny.

Technické možnosti zpracování kovů ve slévárně.

litiny:

- všechny materiály dle ČSN i zahraničních norem,
- maximální vnější průměr surového odlitku: 750 mm,
- minimální vnější průměr surového odlitku: 98 mm,
- minimální vnitřní průměr surového odlitku: 65 mm,
- maximální délka surového odlitku: až 3 000 mm,
- maximální hmotnost surového odlitku: až 1 200 kg.

oceli:

- oceli nízko, středně i vysokolegované (obsah C min 0,07% a výše) dle ČSN i zahraničních norem, případně dle požadavků zákazníka,
- maximální vnější průměr surového odlitku: 740 mm,
- minimální vnější průměr surového odlitku: 98 mm,
- minimální vnitřní průměr surového odlitku: 65 mm,
- maximální délka surového odlitku: až 3 000 mm,
- maximální hmotnost surového odlitku: až 600 kg.

neželezné kovy:

- především bronzы typu CuSn dle požadavků zákazníka,
- odlévání bronzů s přísadou Pb nebo Al po vzájemné konzultaci,
- odlévání kobaltových slitin po vzájemné konzultaci,
- maximální hmotnost surového odlitku: až 350 kg.

Divize Strojírna disponuje výrobou opracovaných svařenců, strojů i dílů v oblasti všeobecného strojírenství.

Například výrobou svařovaných ocelových konstrukcí, zvukových izolací vyráběných jako plechy sendvičového typu sloužící ke snížení hladiny hluku v rozmezí teplot - 20 až + 60 °C. Technologické operace na sebe plynule navazují bez zbytečných prostojů, manipulace je zajištěna jeřáby o nosnosti 10 000 kg.

Výrobními možnostmi strojířny je výroba:

- svařenců a ocelových konstrukcí o maximální hmotnosti dílce 10 tun,
- broušení výrobků na plocho o rozměrech 300x1 000 mm do hmotnosti 280 kg,
- frézování výrobků na vodorovných a svislých frézách s upínacími stoly 2 000x400 mm,
- soustružení výrobků do průměru 1 000 mm a délky 4 000 mm.

Další výrobní schopností společnosti VÚHŽ je výroba a povlakování širokého sortimentu nástrojů a forem pro lisování, tváření, řezání, stříhání a přechování za studena povlaky PVD a PA CVD. Výroba sběracích kroužků pro větrné elektrárny a výroba svařovaných konstrukcí pro strojířenské, hutní a stavební podmínky a dalších speciálních zařízení pro hutě, slévárny a strojířny.

Společnost VÚHŽ se také zabývá ve své divizi laboratoří a zkušeben speciálními činnostmi, např. chemickou a fázovou analýzou – hodnocením povrchových vrstev materiálů, profilovou analýzou metodou GDOS, (po tepelném, chemickém zpracování, povrchových úpravách, analýzou vad apod.). Dále provádí např. korozní zkoušky – stanovení rozsahu a příčin korozní degradace kovových materiálů a výrobků ve výrobním procesu, při přepravě, skladování a během provozního využití. Také se zabývá metalografií, materiálovými expertízami, např. komplexní materiálové rozborů za účelem stanovení příčin nedostatečné životnosti strojních dílů a v neposlední řadě se zabývá činnostmi v oblasti radioaktivity, monitorování radioaktivity surovin, výrobků, a odpadů a vedení databáze radioaktivně kontaminovaných materiálů.

2 Cíl diplomové práce

Hlavním cílem této diplomové práce je zpracovat nejvhodnější technologii obrábění pro opracování odstředivě litých odlitků. Na základě dosavadní technologie výroby vyhodnotit a zpracovat návrh pro optimální technologii soustružení na novém obráběcím stroji a tento návrh pak ekonomicky zhodnotit se současnou technologií výroby odstředivě litých kalibrovacích válečků.

Pro dosažení tohoto cíle v diplomové práci je zapotřebí provést:

- rozbor požadavků na výrobu kalibrovacích válečků z hlediska funkčnosti, geometrické a rozměrové přesnosti a jakosti opracovaných ploch,
- rozbor současného stavu výroby a opracování kalibrovacích válečků,
- návrh technologického postupu s využitím nově instalovaného CNC soustruhu,
- v rámci co nejefektivnější výroby, stanovení optimálních řezných podmínek a řezných nástrojů s praktickým ověřením návrhu,
- technicko-ekonomické zhodnocení.

3 Rozbor stávající výroby

Předmětem popisu a rozboru stávající výroby bude objasnění výroby a opracování kalibračních válečků. Stávající výroba probíhá od samotného odlévání válečků až po konečné dohotovení na obrobně. Základní způsoby opracování jsou surové (bez opracování), s ohrubovanými čely a opracované nahotovo s předsoustruženým kalibrem. Výroba je malosériová s roční výrobní dávkou 1150 kusů. Kalibrovací válečky jsou vyráběny a dodávány pro společnost ArcelorMittal Ostrava a.s. Výroba se provádí v základní rozměrové řadě od průměru 230 mm do průměru 500 mm a kalibry jsou zhotoveny o různých rozměrech, od poloměru R7 mm do poloměru R50 mm.

3.1 Volba typového představitele výroby

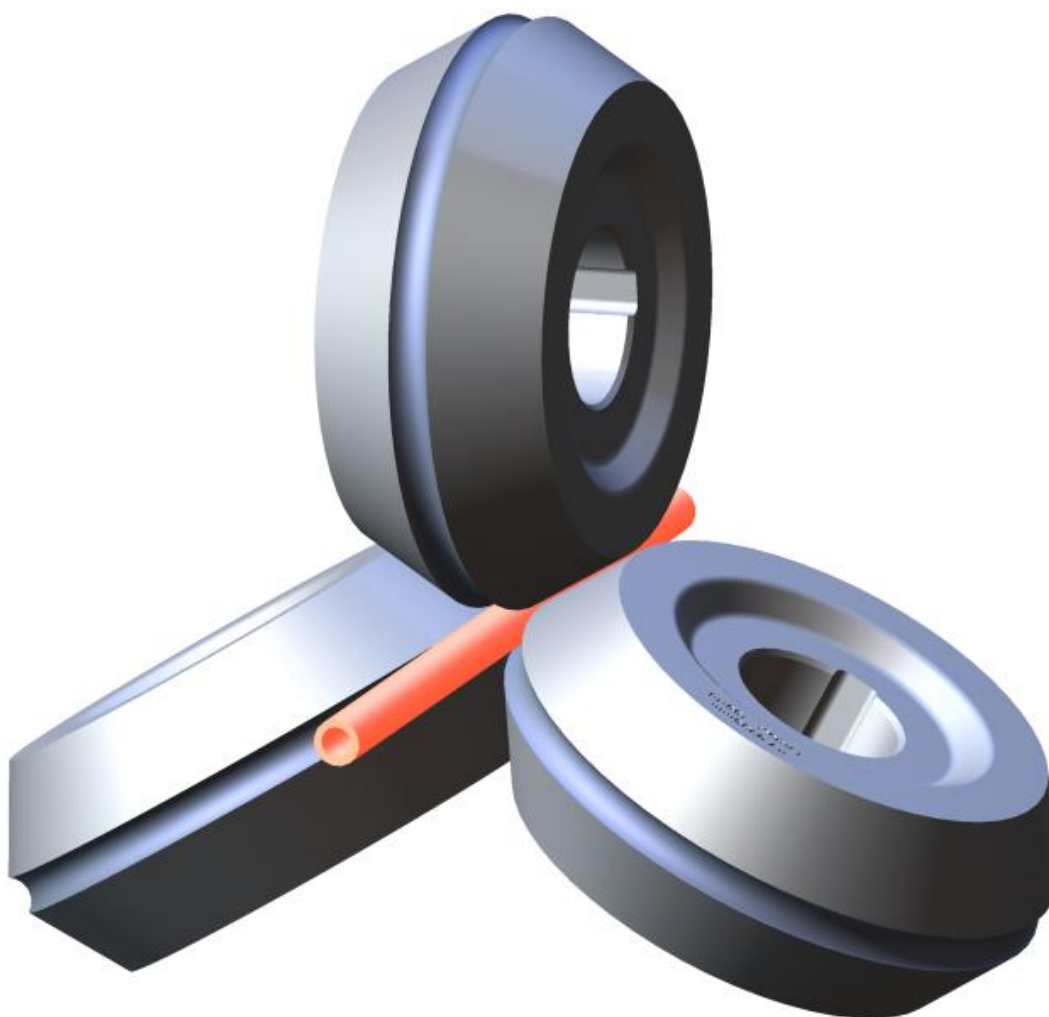
Volba typového představitele výroby pro diplomovou práci vyšla ze současného výrobního programu společnosti VÚHŽ. Představitelem vyráběných součástí jsou již zmiňované kalibrovací válečky o průměru 230 mm s kalibrem R9 mm, které se používají pro výrobu bezešvých ocelových trub, viz Obr. 3.1.



Obr. 3.1 – Kalibrovací váleček Ø230 mm

Vyráběné válečky mají po svém obvodu předsoustružený kalibr o poloměru 9 mm, který představuje funkční plochu pro válcování ocelových trub. Samotné válečky jsou součástí válcovacích stolic, ve kterých jsou ve trojici pod úhlem 120° sestaveny k sobě svými kuželovými plochami. Tato trojice kalibrovacích válečků pak tvoří kruhový profil. Mezi jednotlivými kuželovými plochami sestavených válečků je mezera 1 mm. Funkční plocha kalibru u válečků je předsoustružena s určitým přídavkem. Tento přídavek slouží pro dosažení konečné přesnosti a souměrnosti válečků sestavených ve válcovací stolici, kde se plochy kalibrů v konečné fázi sestavení o tento přídavek protahují na požadovaný průměr.

Obr. 3.2 ukazuje schéma sestavení válečků ve válcovací stolici.



Obr. 3.2 – Schéma sestavení válcovací stolice

V Příloze 1 je uveden výrobní výkres kalibrovacího válce (č. v. RN – 7 – 063). Dále je přiložen schematický náčrt výchozího polotovaru odstředivě litého odlitku viz Příloha 2: (č. n. KV 001).

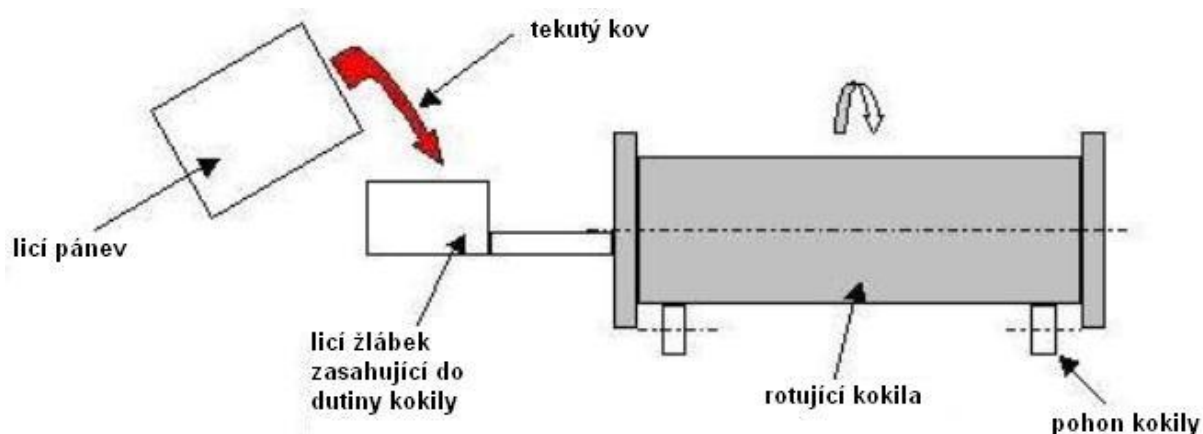
3.2 Způsob výroby

Kalibrovací válečky jsou zhotoveny jako dvouvrstvé odstředivě lité polotovary. Vnější tzv. pracovní vrstva je vyrobena ze speciální tvárné litiny s garancí požadované tvrdosti. Vnitřní vrstva je vyrobena ze šedé litiny s garancí dobré obrobitelnosti.

Princip odstředivého lití

Slévárna vyrábí odlitky metodou horizontálního odstředivého lití tj. (vodorovná osa rotace) viz Obr. 3.3. Základním principem této metody je nalití tekutého kovu do rotující kovové formy.

Vysoké otáčky rotující kovové formy a odstředivá síla hmotnosti tekutého kovu rovnoměrně rozprostřou postupně tuhnoucí kov do tvaru dutého válce nebo kruhu.



Obr. 3.3 – Princip odstředivého lití dvouvrstvých válečků [2]

Tento způsob výroby odstředivě litých odlitků má své výhody:

- zajistí se vyšší čistota a homogenita odlitků a nižší obsah nežádoucích vměstků,
- lepší mechanické vlastnosti oproti klasicky litým odlitkům při stejném chemickém složení,
- jemnozrnnější struktura odlitku,
- možnost výroby vícevrstvých odlitků, u nichž je zajištěno kvalitní metalurgické spojení mezi jednotlivými vrstvami,
- lepší užitné vlastnosti odstředivě litých odlitků umožňují jejich použití v náročnějších a tvrdších provozních podmínkách.

3.3 Materiál vyráběné součásti**Vlastnosti materiálu a rozměry odlitku:**

Přídavek na opracování je cca 10 až 15 mm na každou plochu, tvar je předlit a kopíruje opracované rozměry (mimo rádius), v otvoru náboje je přídavek cca 25 až 35 mm na průměr. Na Obr. 3.4 je vyobrazen odstředivě litý polotovar dané součásti.



Obr. 3.4 – Polotovar odlitku kalibrovacího válce.

Odlitek je dvouvrstvý, přičemž vnější plocha sestávající z kuželových ploch, rádiusu a částečně přilehlých čel je ze speciální bílé litiny o tvrdosti cca 52 až 56 HRC. Náboj a jeho čela jsou odlita ze standardní šedé litiny s velmi dobrou obrobiteľností. Hlavním parametrem pro stanovení vhodnosti jednotlivých strojů je tedy ona tvrdá vnější vrstva, jejíž obtížná obrobiteľnost zvláště zatěžuje jednotlivé části stroje \Rightarrow opracování vyžaduje vysokou tuhost výrobního zařízení.

Materiál vnitřní vrstvy

Litina s lupínkovým grafitem ČSN 42 2415

Tato litina je vhodná na odlitky o tloušťce stěn 5 až 30 mm, např. na vodovodní tvarovky, smaltované zboží, součásti textilních a zemědělských strojů, na části motorů, víka, poklopy, ložiska, řemenice apod.

Mechanické a fyzikální vlastnosti litiny ČSN 42 2415:

• Nejnižší mez pevnosti:	R _m	150 MPa
• Mez kluzu:	R _{et 0,2}	5,4 MPa
• Tvrdost:	HB	200
• Nejnižší mez pevnosti v ohybu:	R _{mo}	320 MPa
• Vrubová houževnatost	KCU 3A	8 J.cm ⁻²
• Modul pružnosti:	E	97,3 GPa
• Měrná hmotnost:	ρ	7 030 kg.m ⁻³

Chemické složení:

• Obsah prvků:	P	max. 0,5 %
	S	max. 0,15 %

Materiál vnější tvrzené vrstvy

Speciální tvrzená bíla litina dle chemického složení viz Tab. 3.1.

Tab. 3.1 – Chemické složení vnější vrstvy odlitku

Typ válce: Kalibrovací válec				Tvrдост: 450-550 HB				
	hmotnost 1. vrstvy		79,5 kg	hmotnost 2. vrstvy		29.5 kg		
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Mg
min. [%]								
2,9	0,5	0,9			0,1	1,8	0,1	0,03
max. [%]								
3,9	1,1	1,4	0,1	0,03	0,5	2,6	0,6	0,09

- minimální tloušťka tvrzené vrstvy je 25 mm,
- tvrdost odlitků se zjišťuje podle ČSN 42 0371,
- minimální předepsaná tvrdost válců v hloubce do 25 mm pod povrchem u obrobeného odlitku je 400 HB nebo u hrubého odlitku v hloubce do 30 mm,
- tvrdost v HRC je 47,6 – 54.

Kontrola tvrdosti se provádí měřením od maximálního průměru opracovaného válce.

Obrobitelnost litiny

Obrobitelnost litiny závisí nejen na struktuře a vlastnostech kovu a na čistotě povrchu odlitku, nýbrž i na materiálu a konstrukci obráběcích nožů, na povaze obrábění, chlazení a na jiných podmínkách obrábění. Obrobitelnost značně závisí na technologii obrábění. Proto se požadavky na zlepšení obrobitelnosti odlitků musí stanovit opatrně, jestliže je lze splnit jen na úkor jiných důležitých vlastností odlitků.

Lze obrobitelnost hodnotit podle přípustné rychlosti obrábění, teploty a odolnosti obráběcího nástroje, čistoty povrchu, tlaku na obráběcí nůž atd. Tito činitelé

jsou různorodí a při hodnocení obrobitelnosti podle nich můžeme dostat protichůdné výsledky.

Litina ČSN 42 24 15 použitá pro lití vnitřní vrstvy válce, spadá do skupiny obrobitelnosti **10a**.

Vlivy struktury a mechanických vlastností litiny

Kromě závislosti obrobitelnosti na HB a Rm je třeba přihlížet k dalším činitelům, např. plastičnosti kovu, nestejnoměrnosti struktury atd. Při zvýšení plastičnosti nad určitou mez se tříska lepí na nůž a dochází k povrchovému zpevnění. Tlak na nůž se zvětšuje a zvyšuje se druhotná tvrdost, což zhoršuje obrobitelnost.

Hlavní příčinou, porušující závislost mezi obrobitelností šedé litiny a její tvrdostí nebo pevností je nestejnorodost struktury. Litina, jejíž struktura obsahuje jednotlivé tvrdé složky (karbidy, fosfidy), které působí jako obrušující (abrazivní) látky, se špatně obrábí i tehdy, není-li její průměrná tvrdost velká. Naproti tomu grafit v litině zlepšuje obrobitelnost tím, že se tvoří drobivá tříska a že grafit sám působí jako mazadlo. Se zvýšením grafitizace klesá tvrdost a pevnost litiny, množství grafitu vzrůstá a obrobitelnost se zlepšuje. [1]

Zvláště dobře se obrábí kujná litina s černým lomem, která má ideální strukturu, měkkou ferritickou v základní kovové hmotě a jemné vměstky temperovaného uhlíku. Naproti tomu bílá litina se při malých rychlostech obrábí velmi obtížně, tím hůř, čím obsahuje více uhlíku. [1]

Vlivy chemického složení litiny

Křemík podporuje grafitizaci, tvoří tuhý roztok s feritem a zvyšuje jeho tvrdost. Příznivý vliv křemíku se proto projevuje pouze při zvýšení stupně grafitizace. Je-li struktura základní hmoty litiny stálá, např. po žhání, má křemík malý vliv na obrobitelnost a při obsahu do 3% jí zhoršuje. [1]

Při velkém množství hrubého grafitu může vzniknout hrubý a pórovitý povrch i při velmi jemné tříse, což je způsobeno tím, že se kov mezi grafitovými částicemi vydroluje. Chceme-li dostat čistý a hladký povrch, musíme zmenšit obsah uhlíku a křemíku v litině. [1]

Mangan a síra mají na obrobitelnost malý vliv. Fosfor působí na obrobitelnost litiny rovněž nepříznivě, což lze vysvětlit nepříznivým vlivem hrubých vyloučenin fosfidového eutektika. Jsou-li tyto vyloučeniny jemné a jsou-li stejnoměrně rozloženy, nemá zvýšení obsahu fosforu praktický vliv na obrobitelnost. [1]

Přísadové prvky působí hlavně tím, že se utvoří stejnoměrná struktura, takže se obrobitelnost zvýší. Při stejné tvrdosti je proto obrobitelnost legované litiny lepší než u obyčejné litiny. Zvláště příznivě působí nikl a měď a také molybden do 0,5%. [1]

Odolnost proti opotřebení

Velký počet litinových odlitků je při používání vystaven tření, například ozubená kola, ložiska, brzdové špalíky, vodící plochy obráběcích strojů, suporty, válce motorů, písty a pístní kroužky, válce válcovacích stolic, mlecí koule, atd. [1]

Podle podmínek opotřebení rozeznáváme litinu odolnou proti opotřebení a litinu antifrikční. Litiny odolné proti opotřebení se používá na odlitky, které jsou vystaveny tření. Na takové odlitky lze použít šedé i bílé litiny. Zvláštním případem litiny odolné vůči opotřebení je litina antifrikční, používaná na ložiska. Kromě malého opotřebení má mít malý součinitel tření (0,05 až 0,16), velkou tepelnou vodivost, zabraňující zvyšování teploty, dobrou obrobitelnost a zaručující čistý povrch. [1]

3.4 Výrobní stroje

U současné technologie výroby se pro opracování odstředivě litých válečků na obrobne využívá čtyř obráběcích strojů.

KONVENČNÍ HROTOVÝ SOUSTRUH

Tento obráběcí stroj slouží k opracování hrubého polotovaru odlitku, hlavně k hrubování vnějšího průměru válečku pro rádius, bočních ploch a k předhrubování otvoru.

Typ: **SU 50 A / 1000** (Obr. 3.5)

Technické parametry stroje:

- | | | |
|---------------------------------|----|-------------|
| • Oběžný průměr nad ložem: | mm | 500 |
| • Točná délka: | mm | 1 000 |
| • Maximální hmotnost obrobku: | kg | 5 000 |
| • Oběžný průměr nad suportem: | mm | 250 |
| • Rozměry stroje: | mm | šířka 1 180 |
| | mm | délka 3 900 |
| • Hmotnost stroje: | kg | 3 110 |
| • Výkon hlavního elektromotoru: | kW | 11 |



Obr. 3.5 – Hrotový soustruh SU 50 A

NC HROTOVÝ SOUSTRUH

Na tomto číslicově řízeném stroji se dle stávajícího NC programu hrubuje rádius kalibru a přilehlé šikmé plochy válečku a následovně se tyto plochy společně s rádiusem dokončují na hotové rozměry.

Typ: **16 A 20 F** (Obr. 3.6)

Technické parametry stroje:

- Oběžný průměr nad ložem: mm 500
- Vzdálenost mezi hroty: mm 900
- Minimální rychlost pracovního posuvu: mm.min⁻¹ podélná 10
mm.min⁻¹ příčná 5
- Maximální rychlost pracovního posuvu: mm.min⁻¹ podélná 2 000
mm.min⁻¹ příčná 1 000
- Maximální rychlost rychloposuvu: mm.min⁻¹ podélná až 15 000
- Rozsah otáček pracovního vřetená: min⁻¹ 20 – 2 000
- Výkon hlavního elektromotoru: kW 11



Obr. 3.6 – NC hrotový soustruh 16 A 20 F

JEDNOSTOJANOVÁ SOUŘADNICOVÁ VYVRTÁVAČKA

Souřadnicová vyvrtávačka slouží ke konečnému dohotovení otvoru ve válečku. Otvor se vyvrtává nahotovo dle požadovaného rozměru pomocí nastavitelné vyvrtávací tyče.

Typ: **SIPP** (Obr. 3.7)

Technické parametry stroje:

• Upínací plocha pracovního stolu:	mm	320 x 560
• Vzdálenost mezi čelem vřetena a pracovním povrchem stolu:	mm	nejmenší 120
	mm	největší 500
• Maximální průměr vyvrtávání:	mm	125
• Maximální průměr vrtání v neděleném ocelovém materiálu:	mm	18
• Přesnost odečtení souřadnic:	mm	0,001
• Přesnost nastavení souřadnic:	mm	0,002
• Rozsah otáček vřetena:	min ⁻¹	75 – 3 000
• Výkon vřetena:	kW	1,5
• Maximální hmotnost obrobku:	kg	250
• Hmotnost stroje:	kg	2 510

SVISLÁ OBRÁŽEČKA

Tento stroj, před konečným opracováním funkčních ploch na soustruhu 16 A 20 F, vyrábí ve vyvrtaném otvoru válce drážku pro pero.

Typ: **HOV 25** (Obr. 3.8)

Technické parametry stroje:

- | | | |
|-------------------------------|----|-------|
| • Upínací výška: | mm | 250 |
| • Upínací šířka: | mm | 450 |
| • Maximální hmotnost obrobku: | kg | 560 |
| • Hmotnost stroje: | kg | 2 850 |
| • Celkový příkon stroje: | kW | 6,6 |



Obr. 3.7 – Souřadnicová vyvrtávačka
SIPP



Obr. 3.8 – Svislá obrážečka HOV 25

3.5 Nástroje

Při současné výrobě se používají pro soustružení odlitých válečků nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami z řezné keramiky firmy Saint-Gobain Ceramics a nástroje s destičkami CNB. Pro soustružení a vyvrtávání otvorů se používají nástroje s břitovými destičkami ze slinutého karbidu firmy PILANA MCT a Pramet.

Charakteristika břitových destiček z řezné keramiky

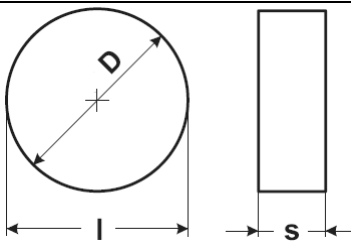
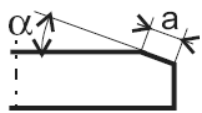
Nástroje s břitovými destičkami z řezné keramiky jsou vhodné především pro užití ve velkosériové a hromadné výrobě, všude tam, kde se chce dosáhnout maximální efektivity při náročnějších podmínkách obrábění, než umožňují nástroje se slinutými karbidy. Hlavní výhodou keramiky je zachování tvrdosti ostří i za teploty až 1200 °C proti slinutým karbidům, kde jeho tvrdost klesá již od 700 °C. Vhodné jsou i při obrábění materiálů, které jsou obtížné obrobitelné nástroji ze slinutých karbidů. [3]

Stroje, na kterých se řezná keramika používá, musí mít dostatečný výkon, rozsah otáček, vysokou tuhost a přesnost chodu vřetena. Nezbytné je také zakrytování pracovního prostoru a zajištění odstraňování třísek. Obrobky musí být dostatečně kompaktní, bez sklonu ke chvění a musí umožňovat tuhé upnutí. Při obrábění může docházet k jiskření i hoření třísek. Při jiskření nebo žhnutí destičky do červeného žáru jsou řezné podmínky vysoké a musí se snížit. Chlazení nástroje se používá jen výjimečně.

Nástroje pro soustružení

- a) Vyměnitelné břitové destičky typu RNGN 120700 jsou používány pro hrubování průměru pro rádius, čel a bočních vybrání s úkosem.

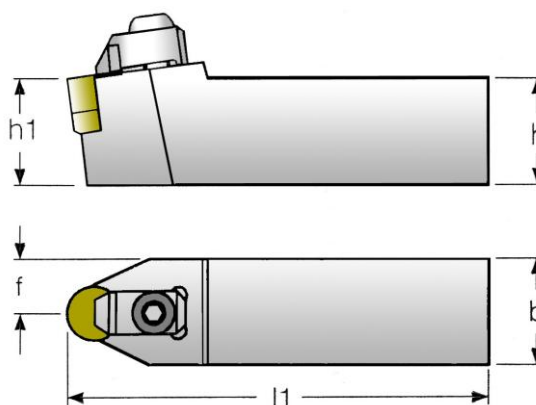
Tab. 3.2 – Parametry VBD

Označení ISO	Rozměry [mm]					Typ - RNGN
RNGN 120700	l	D	s	r	m	
		12,70	7,94			
fazetka	T02020		a	0,20		
			α	20°		

Nožový držák ISCAR pro keramické VBD, viz Obr. 3.9

Tab. 3.3 – Parametry nožového držáku

Označení	Rozměry v [mm]			
	$h = h_1$	b	l_1	f
CRDNN 2525M-12CE	25	25	150	12,5



Obr. 3.9 – Držák ISCAR CRDNN [7]

Používané řezné podmínky:

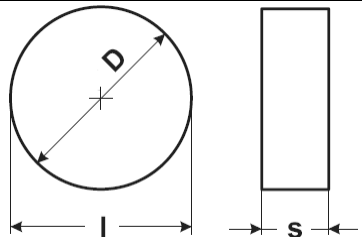
- počet otáček: $n = 90 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,30 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,50 - 1,50 \text{ mm}$
- bez chlazení

Materiál VBD: **DISAL D 460**

Nitridová keramika (na bázi Si_3N_4) - vyniká velmi vysokou houževnatostí při zachování vysoké tvrdosti a umožňuje obrábění běžným přerušovaným řezem i použití chladicí kapaliny. Tento druh keramiky je zvláště vhodný pro obrábění všech druhů litin, včetně litiny s kůrou. Je také nejvhodnější pro frézování (hrubování) k dosažení maximálních řezných výkonů. [3]

- b) VBD typu RNGN 090300 se používají k hrubování úkosů 30° a hrubování a hlazení rádiusu kalibru.

Tab. 3.4 – Parametry VBD

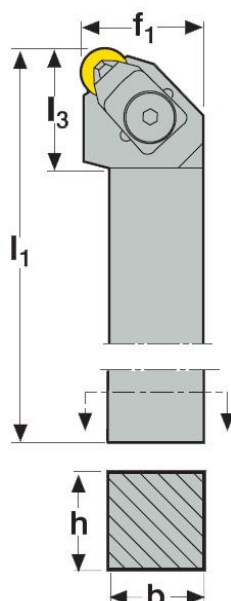
Označení ISO	Rozměry [mm]					Typ - RNGN
RNGN 090300 (ostrý, bez fazetky)	l	D	s	r	m	
		9,52	3,18			

Tyto VBD při opracování rádiusu kalibru nepodléhají velkému opotřebení a proto jsou znovu vyžity pro hrubování přilehlých úkosů.

Nožové držáky SECO (pravý, levý a středový) pro destičky z CNB, viz Obr. 3.10

Tab. 3.5 - Parametry nožového držáku

Označení	Rozměry v [mm]				
	h	b	l_1	f_1	l_3
CRSNR / L 2525M 09 +středový	25	25	150	32	29



Obr. 3.10 – Držák SECO CRSNR [6]

Používané řezné podmínky:

Pro hrubování úkosů 30°:

- počet otáček: $n = 70 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,50 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,75 - 1,00 \text{ mm}$

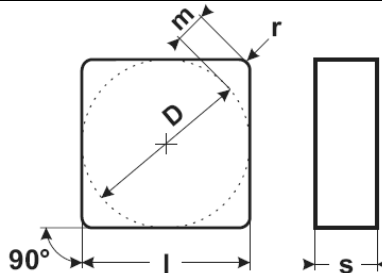
Pro hrubování a hlazení rádiusu:

- počet otáček: $n = 100 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,30 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,25 \text{ mm}$

Materiál VBD: CNB

c) VBD typu SNGN 120712 se používají k dokončování (hlazení) úkosů 30°.

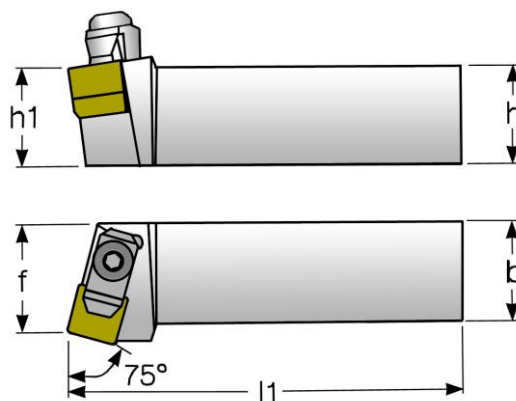
Tab. 3.6 - Parametry VBD

Označení ISO	Rozměry [mm]					Typ - SNGN
	l	D	s	r	m	
SNGN 120712	12,70	12,70	7,94	1,2	2,137	

Nožové držáky ISCAR s pevnou upínkou pro keramické VBD, viz Obr. 3.11

Tab. 3.7 - Parametry nožového držáku

Označení	Rozměry v [mm]					
	h	h ₁	b	l ₁	f	K _r
CSRNR / L 2525M-12CE	25	25	25	150	27	75°



Obr. 3.11 – Držák ISCAR CSRNR [7]

Používané řezné podmínky:

- počet otáček: $n = 100 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,30 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,10 - 0,35 \text{ mm}$

Materiál VBD: DISAL D 100

Čistá oxidová keramika (99% Al_2O_3) - vyniká tvrdostí a odolností proti opotřebením za vysokých řezných teplot až 1200°C . S výhodou lze použít řezných rychlostí až 1000 m.min^{-1} , zvláště při obrábění šedé litiny a konstrukčních ocelí nepřerušovaným řezem. [3]

d) VBD typu SPMR 120312E-48 se používá k hrubování předlitého otvoru.

Tab. 3.8 - Parametry VBD

Označení ISO	Rozměry [mm]				Typ – SPMR
	l	d	s	r_ϵ	
SPMR 120312E-48	12,70	12,70	3,18	1,2	

Vnitřní nožový držák PRAMET pro destičku z SK, viz Obr. 3.12

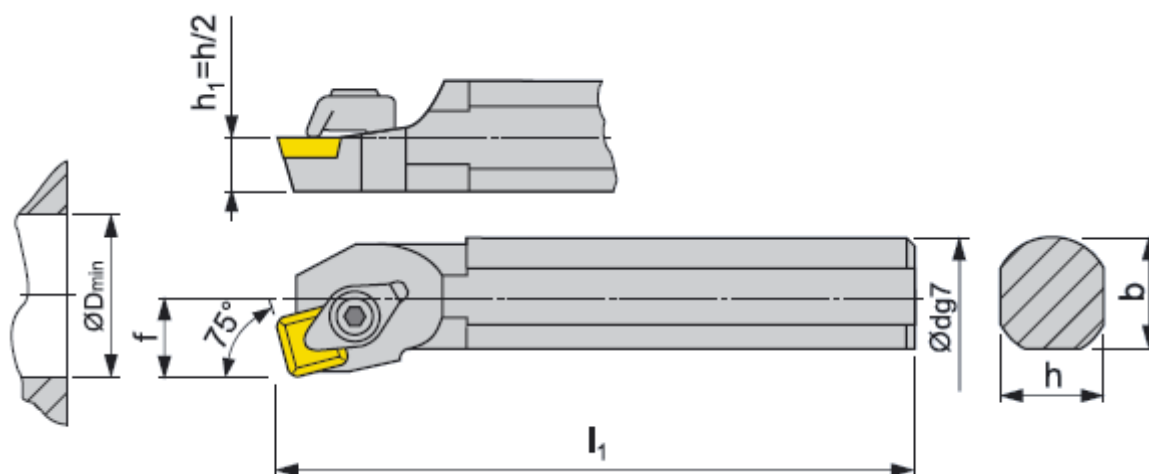
Tab. 3.9 - Parametry nožového držáku

Označení	Rozměry v [mm]								
	$\varnothing dg7$	f	l_1	h	b	$\varnothing D_{min}$	$\kappa_r^{1)}$	$\gamma_0^{2)}$	$\lambda_s^{3)}$
S32U- CSKPR 12	32	22	350	30	30	40	75°	0	0

1) úhel nastavení

2) úhel čela

3) úhel sklonu ostří



Obr. 3.12 – Držák PAMET CSKPR [4]

Používané řezné podmínky:

- počet otáček: $n = 300 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,55 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 3,00 - 5,00 \text{ mm}$

Materiál VBD: SK na šedou litinu

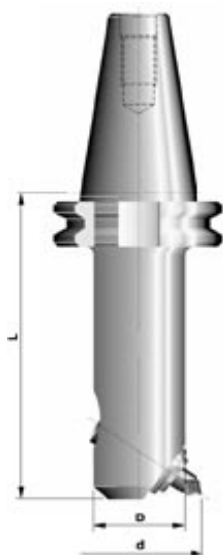
Nástroj pro vyvrtávání

Vyvrtávací tyč MCT – dokončovací: **DIN 69 871 - A**

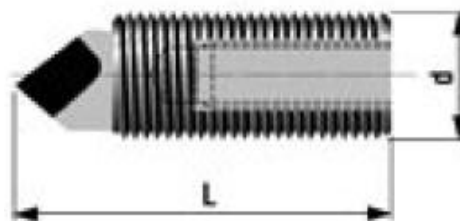
Tento nástroj jak ukazuje Obr. 3.13, se používá pro finální operaci, vyvrtávání předsoustruženého otvoru ve válci na požadovaný průměr.

Parametry nástroje:

- Katalogové číslo: 470 017 – 13
- $D = 40 \text{ mm}$
- $d_{\text{min.} - \text{max.}} = 56 - 72 \text{ mm}$
- $L = 160 \text{ mm}$



Obr. 3.13 – Vyvrtávací tyč [5]



Obr. 3.14 – Nožová jednotka [5]

Nožová jednotka 580 683 – 01:

Parametry:

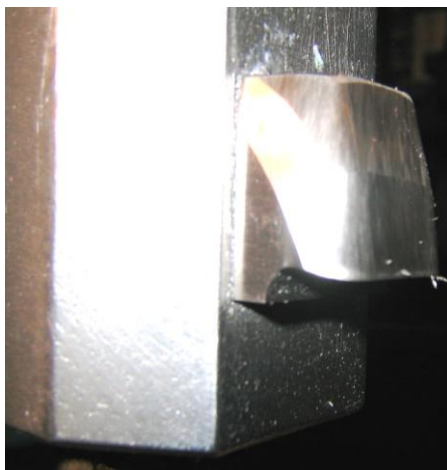
- Označení: 16 – 49
- $d = M16 \times 1 \text{ mm}$
- $L = 49 \text{ mm}$
- Druh SK: P10 (slinutý karbid na šedou litinu)

Používané řezné podmínky:

- počet otáček: $n = 500 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,50 \text{ mm}$

Nástroj na obrázení

Obrážecí nůž, používaný k obrázení drážky pro pero v otvoru válce jak ukazuje Obr. 3.15. Tvar břitu je speciálně broušený na požadované rozměry drážky.



Obr. 3.15 – Obrážecí nůž

Parametry nástroje:

- Poloměr zaoblení pro drážku: R4 mm
- Materiál nástroje: rychlořezná NO

3.6 Stávající technologický postup

Ke zpracování stávajícího technologického postupu jsem použil podklady pro současnou výrobu kalibrovacích válečků. K problematice řešení jsem zpracoval rámcový technologický postup, viz Tab. 3.10, kde je uveden postup jednotlivých operací výroby součástí.

Tab. 3.10 – Rámcový technologický a kontrolní postup

Č. op.	Strojní skupina	Nástroj (VBD)	Popis operace
10	Soustruh SU 50 A	<i>RNGN</i> <i>120700</i>	<p>Soustružit:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ø pro rádius Ø 220 s přídávkem pro CNC soustruh na $\text{Ø } 222,50^{+0,5}$; – čelo u koníku s přídávkem 1 mm na další opracování; otočit a protilehlé čelo s přídávkem 1 mm na další opracování; <p>Odstranit otřepy a srazit hrany; Namátková kontrola pracovníkem TK.</p>
20	Soustruh SU 50 A	<i>RNGN</i> <i>120700</i> <i>SPMR</i> <i>120312E-</i> <i>48</i>	<p>Upínat za $\text{Ø } 222,50^{+0,5}$, opracovaným čelem ke sklíčidlu a soustružit nahotovo:</p> <ul style="list-style-type: none"> – čelo s přídávkem min. 0,5 mm pro opracování protilehlého čela; – boční vybrání s úkosem 45° do hloubky $10 \pm 0,1$ mm (co nejblíže jmenovitému rozměru); – s přídávkem pro vyvrtávání otvor Ø 65 H6 na $\text{Ø } 65_{-0,6}^{-0,4}$ mm; <p>Odstranit otřepy a srazit hrany; Namátková kontrola pracovníkem TK.</p>

30	Soustruh SU 50 A	<i>RNGN</i> <i>120700</i>	<p>Upínat za $\varnothing 222,50^{+0,5}$ a soustružit nahotovo (středit podle otvoru)</p> <ul style="list-style-type: none"> – čelo na délce $90 \pm 0,1$ mm; – boční vybrání s úkosem 45° do loubky $10 \pm 0,1$ mm (co nejbližší jmenovitému rozměru); <p>srazit hrany a odstranit otřepy Namátková kontrola pracovníkem TK.</p>
40	SIPP	<i>MCT 580</i> <i>683 – 01</i>	<p>Upnout za $\varnothing 222,50^{+0,5}$ mm, středit podle otvoru a vyvrtávat nahotovo $\varnothing 65$ H6;</p> <p>Namátková kontrola pracovníkem TK.</p>
50	Svislá obrážka HOV 25	<i>Obrážecí</i> <i>nůž</i>	<p>Obrážet nahotovo drážku pro PERO 18 P9 s rádiusem R4;</p> <p>Namátková kontrola pracovníkem TK.</p>
60	NC soustruh 16 A 20 F	<i>SNGN</i> <i>120712</i> <i>RNGN</i> <i>090300</i>	<p>Dokončit součást dle programu, soustružit nahotovo:</p> <ul style="list-style-type: none"> – úkosy 30° na $176,88_{-0,2}$ mm; – R9 na $212 \pm 0,1$ mm; – Všechny hrany ojeht; <p>Uložit na palety EURO (800 x 1200) vyraženým číslem nahoru, podložit papírem a zakrýt před zaprášením;</p> <p>Namátková kontrola pracovníkem TK.</p>

70	Technická kontrola		Celková rozměrová a vizuální kontrola: <ul style="list-style-type: none"> – 10% součástí po operaci 80.; – Ostatní namátkově – Uložit do palety EURO.
80	Expedice		Uložit na dodané palety EURO a expedovat.

Dále se budu zabývat řešením operací č. 10 – 60 s výjimkou operace č. 50, u které se předpokládá, že zůstane neměnná s návrhem nové technologie výroby.

3.7 Zhodnocení stávajícího stavu

Stávající výroba kalibrovacích válců probíhala dle výše uvedeného popisu výroby a technologického postupu, avšak z důvodu snížení počtu obrábějících strojů, které se podílejí na opracování součástí a s ohledem na výrobní dávky i jiných rozměrů kalibrovacích válců a také poruchovosti stávajícího NC soustruhu 16 A 20 F, se plánuje obměna a modernizace tohoto stávajícího NC zařízení. Předpokládá se sloučení jednotlivých operací dle výše uvedeného postupu, viz Tab. 3.10 a to operací č. 20, 30, 40 a 60 do jedné operace prováděné na jednom stroji s minimálním podílem zásahů, přepínání obsluhou, (dvouvřetenový soustruh s automatickým přepnutím, poháněné nástroje atd.).

U operace č. 10 se předpokládá, že pro přípravu polotovaru (předsoustružení vnějšího průměru a bočních čel odlitku) pro upnutí na novém CNC stroji, opracování na stávajícím konvenčním soustruhu SU 50 A následujícím řešením:

Soustružit:

- Ø pro rádius Ø 220 mm s přídkem pro CNC soustruh na $\text{Ø } 222,50^{+0,5} \text{ mm}$;
- čelo u koníku s přídkem 1 mm na další opracování a min. 3 mm na opracování protilehlého čela.

U Operace č. 60 bude nahrazeno předchozí řešení novými NC programy.

4 Návrh racionalizace výroby

Při návrhu pro racionalizaci výroby kalibrovacích válců vycházím ze stávajícího stavu výroby. Hlavním činitelem návrhu pro novou technologii opracování válců bude modernizace CNC výrobního zařízení, na kterém se bude při opracování válce provádět více operací při minimálním přepínání obsluhou. Při tomto kroku nebude nutné opracování obrobku na souřadnicové vyvrtávače a tím se zkrátí čas práce potřebný pro provedení operace na tomto stroji. Také se zkrátí materiálový přesun obroku a odpadne i nutnost nástrojů použitých při vyvrtávání otvoru. Odlitek připravený a předsoustružený na konvenčním soustruhu se bude z větší části obrábět do finálních rozměrů na nově instalovaném CNC stroji. Tím bude docíleno zefektivnění výroby, které přinese úspory v čase a v nákladech na výrobu.

4.1 Volba nového CNC stroje

Jedná se o vertikální CNC soustruh **PUMA V400** od výrobce „Doosan Infracore Machine tools“ od dodavatele Tecnotrade obráběcí stroje s.r.o, viz Obr. 4.1.



Obr. 4.1 – CNC soustruh PUMA V400

Soustružnická centra s vertikální osou rotace obrobku zajišťují mimořádnou přesnost, tuhost a řezný výkon s minimální zastavěnou plochou. S rysy jako je vysoká rychlost a vysoká přesnost náboje vřetene, výkonnost a spolehlivost motorů vřetene a zaručená opakovatelnost jsou tyto CNC soustruhy Puma V400 konstruovány tak, aby vyhovovaly dnešním výrobním požadavkům. [10]

Technické specifikace

• Litinové lože šikmé – pod úhlem		90°
• Celková hmotnost (cca)	kg	6 000
• Hydraulické sklíčidlo se 3 čelistmi, průměr	mm	305
• Otáčky vřetene souvisle proměnné	min ⁻¹	30 – 30 000
• Výkon motoru vřetene (trvale / 30 min.)	kW	18,5
• Max. výkon k dispozici od	min ⁻¹	200
• Max. krouticí moment motoru vřetena (trvale / 30 min.)	Nm	884
• Průměr otvoru vřetene	mm	90
• Pojezd osy X	mm	268
• Pojezd osy Z	mm	488
• Rychloposuvy os X / Z	m.min ⁻¹	20 / 20
• Pracovní posuv v ose X / Z – lineární interpolace (max.)	mm	500 / 500
• Rozměry nástrojů pro soustružení / vrtání	mm	25x25 / Ø50

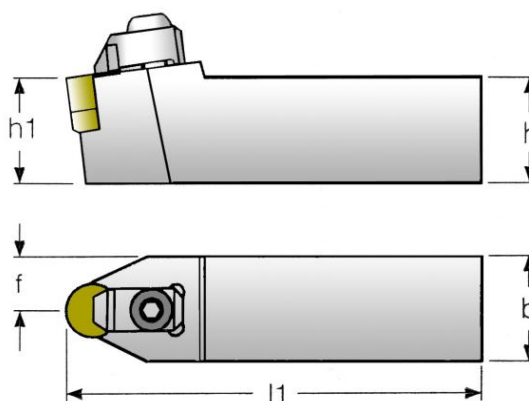
Pracovní rozsah

• Max. oběžný průměr nad ložem	mm	610
• Max. oběžný průměr nad suportem	mm	500
• Max. průměr soustružení nad ložem	mm	496
• Max. délka soustružení na sklíčidle	mm	461
• Max. přípustná hmotnost obrobku	kg	550

4.2 Volba nástrojů pro nově instalovaný CNC stroj

Nástroje volím dle katalogu stejných výrobců použitých již pro stávající technologii. Pro nově zvolenou technologii budou použity pro soustružení tyto nástroje:

- a) nožový držák ISCAR pro keramické VBD: **CRDNN 2525M-12CE** viz Obr. 4.2:



Obr. 4.2 - Držák ISCAR CRDNN [7]

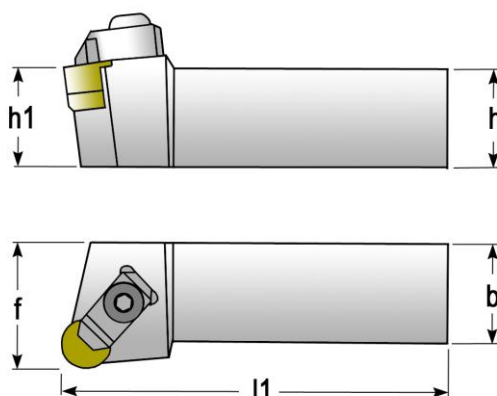
VBD typu: **RNGN 120700**

Tento nástroj je používán již u stávající technologie, proto parametry a rozměry této VBD a nožového držáku jsou již uvedeny v kapitole 3.5, Tab. 3.2 a 3.3.

- b) nožové držáky ISCAR, pravý a levý pro VBD, který je uveden na Obr. 4.3:

Tab. 4.1 - Parametry nožového držáku

Označení	Rozměry v [mm]			
	$h = h_1$	b	l_1	f
CRG NR / L 2525M-12CE	25	25	150	32



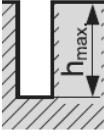
Obr. 4.3 – Držák ISCAR CRG NR [7]

VBD typu: **RNGN 120700**

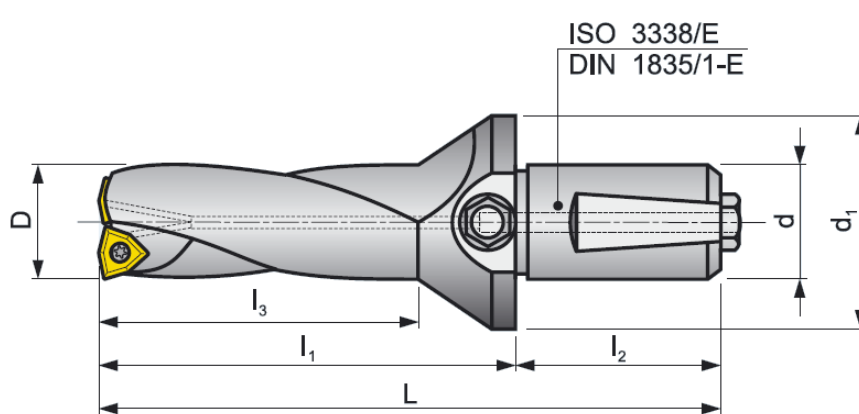
Materiál VBD: Řezná keramika - DISAL D 460

c) Vrták pro VBD PRAMET: **7720-58 2,5xD** viz Obr. 4.4:

Tab. 4.2 – Parametry vrtáku pro VBD

Označení vrtáku	Rozměry v [mm]								Chlazení
		D	L	l_1	l_2	l_3	d^*	d_1	
7720-58	142	58	255	187	68	145	40	60	+

* Pro $\varnothing d = 40$ mm – upínač 69871.40AD-W/WN40115



Obr. 4.4 – Vrták 7720-58 [8]

VBD typu: **WCMT 080412E-48**

Tab. 4.3 – Parametry VBD

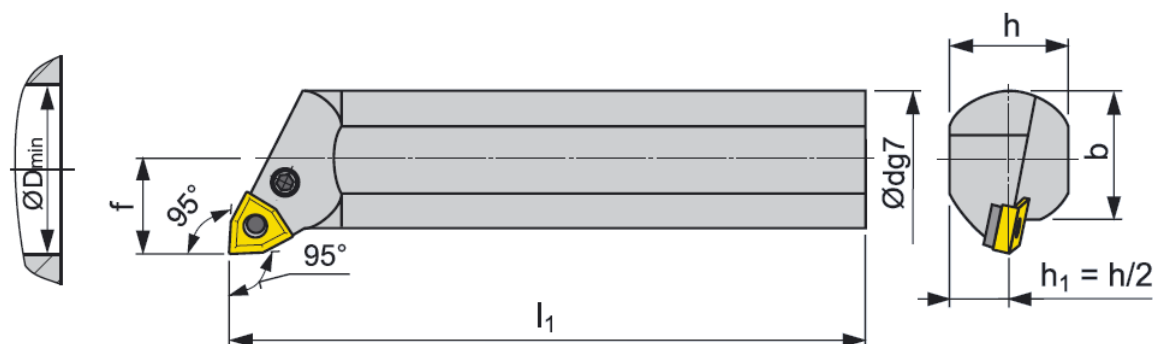
Označení ISO	Rozměry [mm]					Typ – WCMT E-48
	(l)	d	s	d ₁	r _ε	
WCMT 080412E-48	8,70	12,70	4,76	5,5	1,2	

Materiál VBD: Typ 6640, nejhouževnatější materiál z řady 6000 s povlakem MT CVD

d) Vnitřní nožový držák PRAMET: **S50W-PWLNr 08** viz Obr. 4.5:

Tab. 4.4 – Parametry nožového držáku

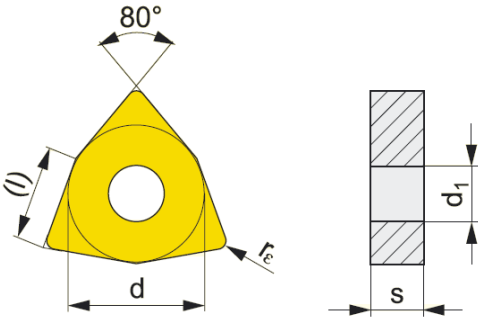
Označení	Rozměry v [mm]							
	Ødg7	f	l ₁	h	b	ØD _{min}	γ ₀ °	λ _s °
S50W-PWLNr 08	50	35	450	47	58,5	63	-6	-12



Obr. 4.5 – Držák PRAMET PWLNr 08 [4]

VBD typu: **WNMA 080404**

Tab. 4.5 – Parametry VBD

Označení ISO	Rozměry [mm]					Typ – WNMA
	(l)	d	d ₁	s	r _ε	
WNMA 080404	8,69	12,70	5,16	4,76	0,4	

Materiál VBD: Typ 6605, Nejhouževnatější materiál řady 6000, povlak MT CVD a PVD s nosnou vrstvou Al₂O₃

4.3 Návrh a výpočet řezných podmínek

Řezné podmínky pro nově zpracovanou technologii opracování kalibrovacích válců volím s ohledem příslušných katalogů výrobců nástrojů a vycházím také z praktických zkušeností provozu firmy. Tyto inovované řezné podmínky jsou doporučené a budou použity na nově instalovaném CNC soustruhu.

Jednotlivé fáze návrhu řešení řezných podmínek:

- zvýšení hloubky řezu a posuvu na otáčku při fázi hrubování úkosů 30°,
- počtu otáček a hloubky řezu při odvrtávání předlitého otvoru Ø43 mm,
- zvýšení hloubky řezu při fázi hrubování radiusu kalibru R9 mm.

Řezná rychlost:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (4.1)$$

D [mm] průměr obráběné plochy

Návrh řezných podmínek

Řezné podmínky pro soustružení úkosů 30° s VBD z řezné keramiky:

hrubování:

- počet otáček: $n = 50 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,35 - 0,60 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 1 \text{ až } 1,5 \text{ mm}$

dokončování:

- počet otáček: $n = 50 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,15 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,10 \text{ až } 0,35 \text{ mm}$

Výpočet řezné rychlosti pro soustružení úkosů 30°:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 222,3 \cdot 50}{1000} = 34,92 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Řezné podmínky pro cyklus vrtání otvoru:

- počet otáček: $n = 275 - 700 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,25 - 0,30 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 7,5 \text{ mm}$

Výpočet řezné rychlosti pro cyklus vrtání:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 58 \cdot 275}{1000} = 50,11 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Výpočet posuvu na břit: [11]

$$f_z = \frac{f_{ot}}{z} = \frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ mm} \quad (4.2)$$

Řezné podmínky pro dokončení otvoru:

- počet otáček: $n = 150 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,12 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,25 \text{ mm}$

Výpočet řezné rychlosti pro dokončení otvoru:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 65 \cdot 150}{1000} = 30,63 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Řezné podmínky pro soustružení rádiusu kalibru:

hrubování:

- počet otáček: $n = 60 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,35 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,25 - 1,0 \text{ mm}$

dokončování:

- počet otáček: $n = 70 \text{ min}^{-1}$
- posuv na otáčku: $f_{ot} = 0,15 \text{ mm}$
- hloubka řezu: $a_p = 0,10 - 0,25 \text{ mm}$

Výpočet řezné rychlosti pro hrubování:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 220,7 \cdot 60}{1000} = 41,60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

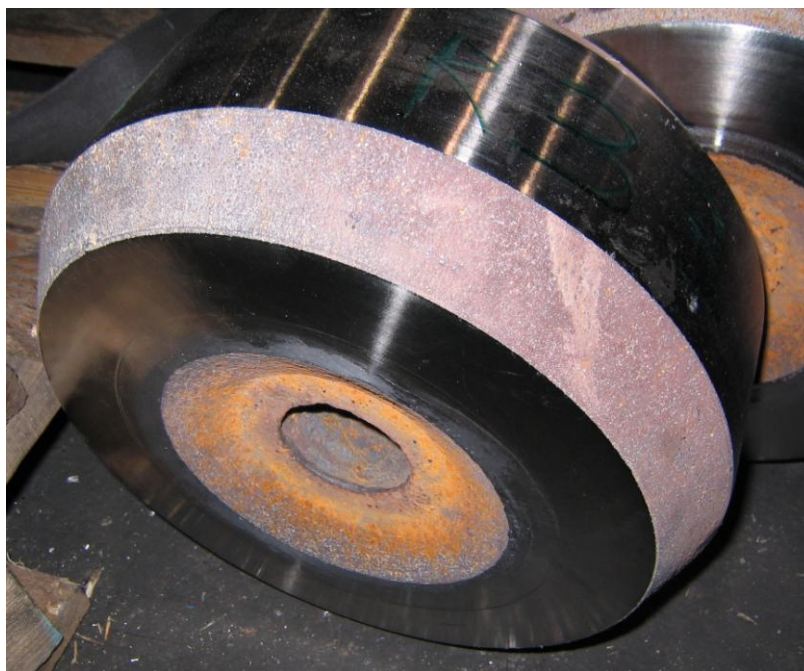
Výpočet řezné rychlosti pro dokončování:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 227,51 \cdot 70}{1000} = 50,03 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

4.4 Návrh nové technologie obrábění

Na nově instalovaném CNC soustruhu PUMA V400 se předpokládá, že opracování kalibračního válce se bude provádět na jednu operaci, s minimálním přepínáním. Pro nově navržený NC program bude polotovar obroku připraven pro obrábění tak, že válec bude předsoustružený na průměr 230 mm a jeho obě boční čela na šířku $90 \pm 0,2$ mm. Tyto operace budou provedeny na stávajícím soustruhu SU 50 A. Obr. 4.6 ukazuje předsoustružený polotovar odlitku válce připravený k opracování pro nově vytvořený NC program.

Nová technologie opracování kalibračního válce bude obsažena ve vytvořeném NC programu. Přepínání obrobku obsluhou se bude muset provést jednou a to při následném obrobení druhé strany polotovaru a podruhé při nasazení na trn kvůli obrobení rádiusu kalibru. Plochy s přídávky pro hrubování a dokončování tj. úkosy 30° , rádius R9 mm a středy bočních čel s úkosy se budou soustružit nástroji s rádiusovými VBD. Otvor ve válci se bude odvrátávat pomocí vrtáku v nástrojové hlavě a dokončení otvoru na $\varnothing 65H6$ mm se bude provádět vnitřním soustružením.



Obr. 4.6 – Předsoustružený polotovar válce

4.5 Program obrábění pro řídicí systém nově instalovaného CNC stroje

Nově instalovaný vertikální CNC soustruh je vybaven řídicím systémem **FANUC řady 0i – TC**.

NC program pro obrábění součásti na novém stroji je vytvořen pomocí počítače v ŘS Fanuc 0i – TC. Kompletní NC program je uveden viz Příloha 3. V níže uvedeném textu jsou pro vysvětlení ukázané a popsány vybrané části nově zpracovaného NC programu. Zpracování tohoto programu vychází z výkresové dokumentace uvedené v Příloze 1 a 2.

NC řídicí program RV230

O0001 (RV230 - 1. STRANA)	číslo, název programu
N10 G28 W0	nájezd nástroje do referenční polohy ve směru osy Z
N20 G28 U0	nájezd nástroje do referenční polohy ve směru osy X
N30 G92 S800	nastavení maximální rychlosti vřetena
N40 T202 (R6.35P2)	funkce nástroje, výměna (poloměr VBD)
N50 G96 M3 S50	řízení konstantní obvodovou rychlostí, nastavení otáček vřetene S = 50 min ⁻¹
N60 G0 X30 Z100	nájezd do polohy X, Z (rychlposuv)
N70 G0 G42 Z-7.5	korekce na poloměr špičky nástroje zprava
N80 G1 F0.35 X103.882	lineární interpolace, řezný posuv F = 0,35 mm
N90 X120.213 Z-1.464	
N100 G3 X127.284 Z0 R5	kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček R = 5 mm
N120 G0 G40 X210 Z20	zrušení korekce na poloměr špičky nástroje
:	

N290 T606 (VRTAK58)	funkce nástroje, výměna nástroje (průměr nástroje)
N300 G97 M3 S275	zrušení řízení konstantní obvodové rychlosti, nastavení otáček vřetene $S = 275 \text{ min}^{-1}$
N310 G0 X0 Z100	nájezd vrtáku do polohy v ose X a Z
N320 G0 Z10 M7	zapnutí plného chlazení
N330 G83 F0.25 Z-90 R-8	cyklus čelního vrtání
N340 G80	zrušení pevného cyklu vrtání
N350 G0 X16.5 S700	nastavení otáček vřetene $S = 700 \text{ min}^{-1}$
N360 G0 Z-8	
N370 G1 F0.3 X6.5 Z-13	lineární interpolace, řezný posuv $F = 0,30 \text{ mm}$
N380 G1 Z-90	
N390 U-1 M9	vypnutí plného chlazení
N400 G0 Z100	
N410 G28 U0 W0	nájezd nástroje do referenční polohy X, Z
N420 T303 (R6.35P3)	funkce nástroje, výměna nástroje (poloměr VBD)
N430 G96 M3 S50	řízení konstantní obvodové rychlosti, otáčení vřetene zadanou rychlostí, $S = 50 \text{ min}^{-1}$
N440 G0 X200 Z10	
N450 G42 G1 F1 X186 Z3	korekce na poloměr špičky nástroje zprava, pracovní posuv $F = 1 \text{ mm}$
N460 G1 F0.35 X223 Z-29.043	lineární interpolace (řezný posuv)
N470 G0 G40 Z10	
N480 G0 X200	
N490 G42 G1 F1 X182 Z3	
N500 G1 F0.35 X223 Z-32.507	lineární interpolace, řezný posuv $F = 0,35 \text{ mm}$

N510 G0 G40 Z10	nájezd rychloposuvem do polohy v ose Z, zrušení korekce na poloměr špičky nástroje
N520 G0 X200	nájezd rychloposuvem do polohy v ose X
N530 G42 G1 F1 X178 Z3	
N540 G1 F0.35 X223 Z-35.971	lineární interpolace, řezný posuv $F = 0,35 \text{ mm}$
N550 G0 G40 Z10	
N560 G0 X200	
N570 G42 G1 F1 X174 Z3	
N580 G1 F0.35 X223 Z-39.435	lineární interpolace, řezný posuv $F = 0,35 \text{ mm}$
N590 G0 G40 Z10	
N600 G0 X200	
N610 G42 G1 F1 X172.72 Z3	
N620 G1 F0.5 X222.3 Z-39.938	lineární interpolace, řezný posuv $F = 0,50 \text{ mm}$

V této části NC programu jsou pro přehlednost vysvětleny převážné přípravné G funkce, pomocné M funkce a T funkce nástroje.

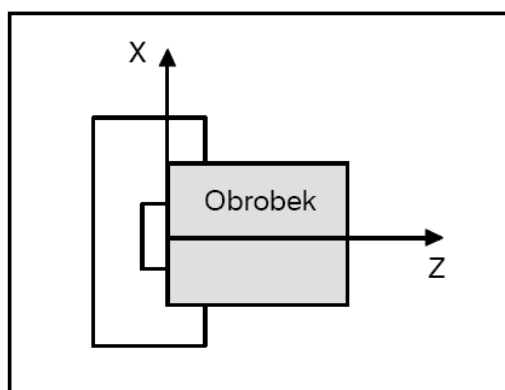
4.6 Obecný popis operací při programování u CNC stroje

V této kapitole bych uvedl stručný popis základních informací o programování v ŘS FANUC a popis funkcí použitých v nově vytvořeném NC programu.

Souřadný systém

Na různých místech jsou definované následující dva souřadné systémy.

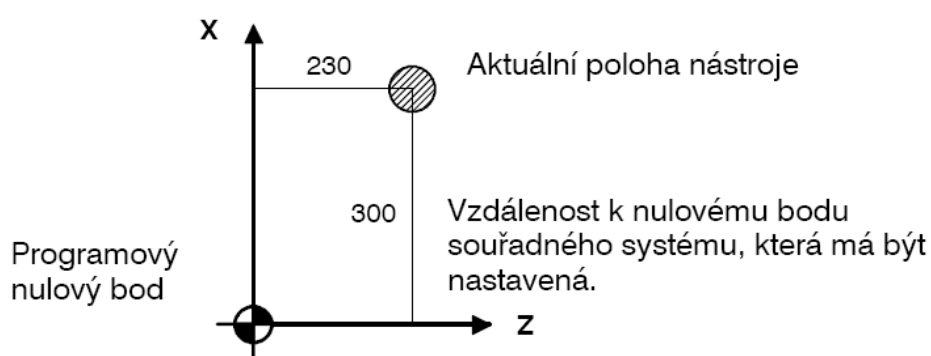
Souřadný systém je zakreslen na výkrese součástí. Jako programová data se používají souřadné hodnoty z tohoto souřadného systému, viz Obr. 4.7.



Obr. 4.7 - Souřadný systém na výkrese součásti [9]

Souřadný systém zadaný CNC systémem, viz Obr. 4.8, který je připravený na daném obráběcím stroji. To je možno provést naprogramováním vzdálenosti od aktuální polohy nástroje k nulovému bodu souřadného systému, která má být nastavená.

Nástroj se pohybuje v souřadném systému určeném CNC systémem v souladu s programovaným povelům vygenerovaným dle souřadného systému na výkrese součásti a provede obrábění obrobku do tvaru podle výkresu. [9]



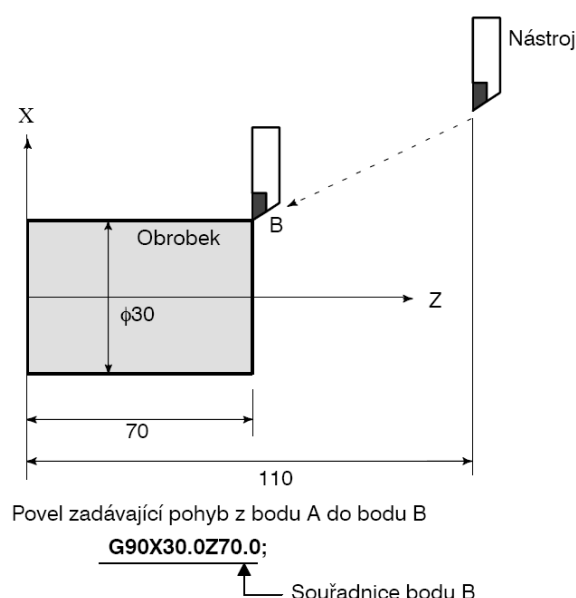
Obr. 4.8 – Souřadný systém určený CNC systémem [9]

Povely pro pohyb nástroje

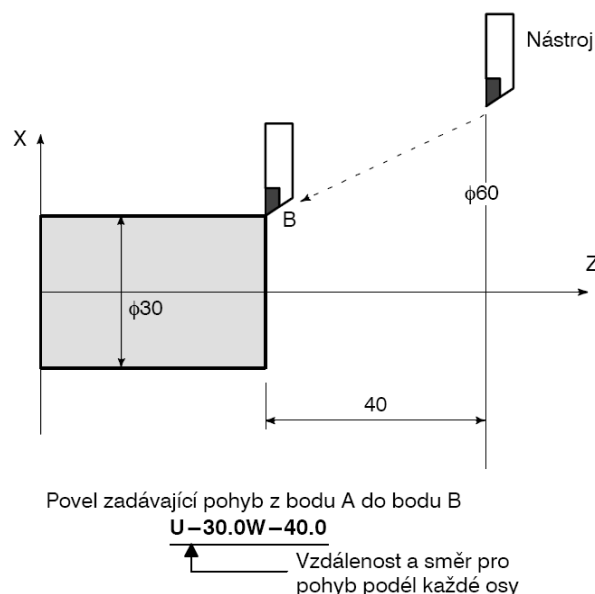
Povely pro pohyb nástroje mohou být zadávané jako absolutní nebo inkrementální povely.

Absolutní povel: nástroj se bude pohybovat do bodu „ve vzdálenosti od nulového bodu souřadného systému“, tzn. do polohy souřadných hodnot, viz Obr. 4.9.

Inkrementální povel: vzdálenost je zadávána od předchozí polohy nástroje k následující poloze nástroje jak ukazuje Obr. 4.10.



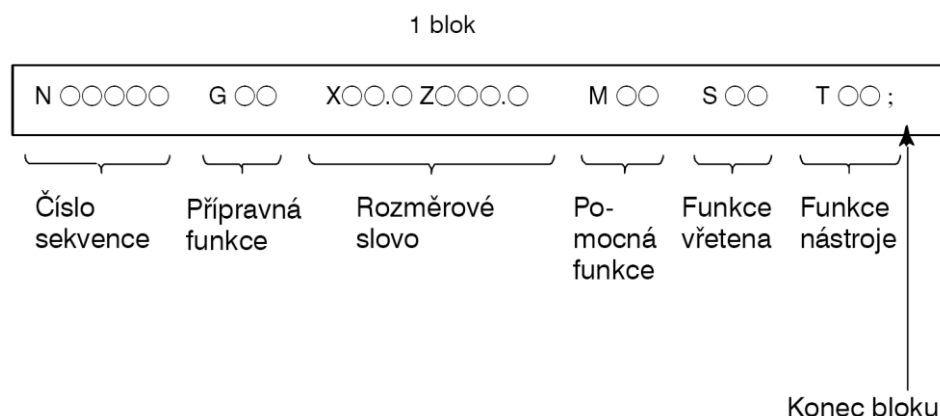
Obr. 4.9 – Absolutní povel [9]



Obr. 4.10 – Inkrementální povel [9]

Konfigurace programu a bloku

Blok má následující strukturu. Začíná sekvenčním číslem, které identifikuje tento blok a končí kódem konce bloku, jak ukazuje Obr. 4.11. Pro kód konce bloku se používá znak „;“. Obsah rozměrového slova závisí na přípravné funkci. [9]



Obr. 4.11 – Konfigurace bloku [9]

Číslo programu je obvykle zadáno za kódem konce bloku (;) na začátku programu a kód konce programu (M02 nebo M30) je zadán na konci programu.

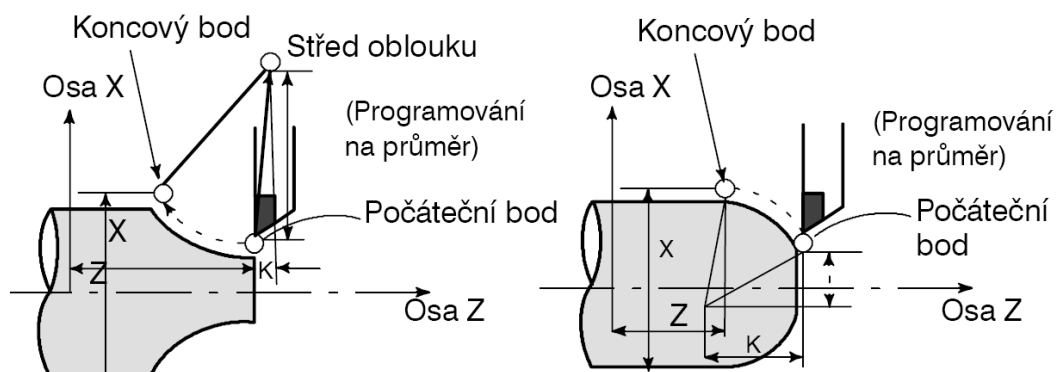
Použité funkce dráhy nástroje v NC programu RV230

Lineární interpolace G01

Nástroje se mohou pohybovat po přímce. Nástroj se přemístí po přímce zadané polohy rychlostí zadanou na adrese F. Rychlost posuvu zadaná v F, bude platit až do okamžiku, než bude zadaná nová hodnota rychlosti.

Kruhová interpolace G02, G03

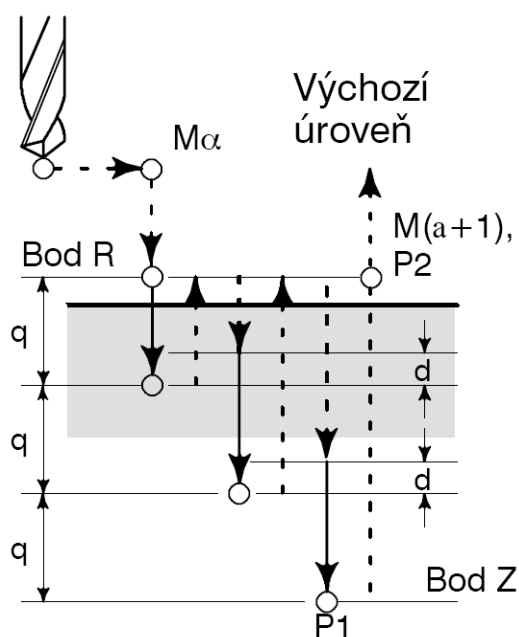
Uvedené povely G02 a G03 přemístí nástroj po oblouku kružnice. Ve směru hodinových ručiček je dán pohyb nástroje funkcí G02 a proti směru hodinových ručiček je dán pohyb nástroje funkcí G03 jak ukazuje Obr. 4.12. Vzdálenost mezi obloukem a středem kružnice, která obsahuje oblouk, je možno místo adres I, J a K zadat pomocí poloměru R kružnice. Rychlost posuvu při zadané kruhové interpolaci se rovná rychlosti posuvu zadané pomocí F kódu a rychlost posuvu po oblouku (tečná rychlost po oblouku) je řízená tak, aby odpovídala zadané rychlosti.



Obr. 4.12 – Povelý kruhové interpolace, vlevo G02, vpravo G03 [9]

Cyklus vrtání s odlehčením G83

Tento cyklus provádí vysokorychlostní vrtání s odlehčením. Vrták střídavě opakuje cyklus vrtání řezným posuvem a vrácení o zadanou vzdálenost vysunutí od dna otvoru viz Obr. 4.13. Při vysouvání vrták vytáhne třísky z otvoru ven.

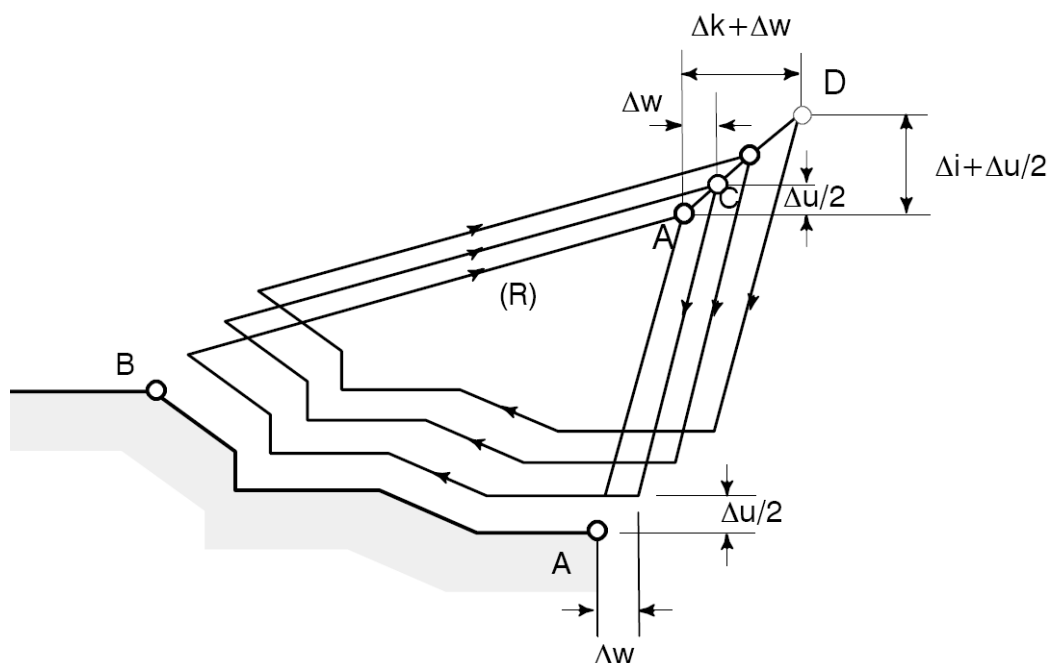


Obr. 4.13 – Cyklus vrtání s odlehčením G83 [9]

Opakování tvaru G73

Tato funkce umožňuje opakované obrábění definovaného tvaru, přičemž se celý tvar po každém kroku posouvá. Pomocí tohoto obráběcího cyklu je možné

efektivně obrábět obrobek, jehož hrubý tvar již byl vytvořený během hrubovacího obrábění, kováním nebo litím, atd. Princip funkce G73 ukazuje Obr. 4.14.



Obr. 4.14 – Řezná dráha při opakované předloze [9]

Předloha zadaná v programu by měla vypadat následovně:

G73 U (Δi) W (Δk) R (d);

G73 P (ns) Q (nf) U (Δu) W (Δw) F (f) S (s) T (t);

Δi : vzdálenost a směr odsunutí v ose X,

Δk : vzdálenost a směr odsunutí ve směru osy Z,

d: počet dělení,

Δu : vzdálenost a směr přídávku na dokončení ve směru osy X,

Δw : vzdálenost a směr dokončovacího přídávku ve směru osy Z.

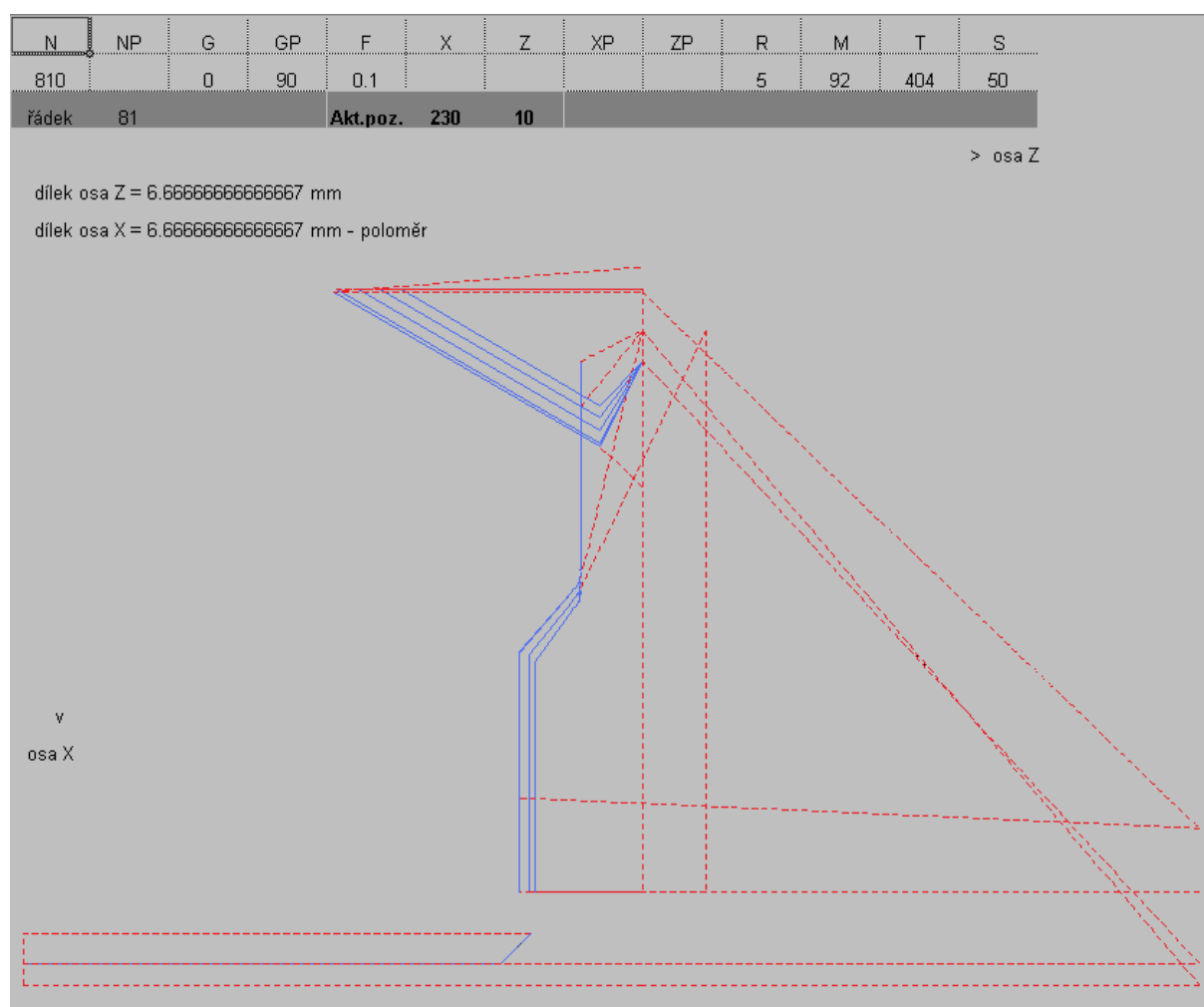
f, s, t: každá funkce F, S a T obsažená v blocích mezi sekvenčními čísly „ns“ a „nf“ bude ignorována a funkce F, S a T v tomto bloku G73 se vykonají. [9]

Funkce opakování tvaru G73 je použita při opracování kalibru s rádiusem R9 mm ve fázi hrubování.

5 Praktické ověření návrhu a vyhodnocení

5.1 Simulace dráhy nástrojů nově navrženého NC programu

Pro ověření navrženého NC programu RV230 k novému CNC soustruhu byla pro obrábění polotovaru válce provedena simulace dráhy nástrojů, viz Obr 5.1.



Obr. 5.1 – Simulace dráhy nástrojů obrábění válce

Popis dráhy nástrojů

- Řezný posuv
- - - Rychloposuv (pracovní posuv)

Osa rotace obráběné součásti je ve směru osy Z. Vyobrazena simulace ukazuje pouze dráhy obrábění z jedné strany válce a z důvodu velikosti není v měřítku. Simulace se prováděla pomocí maker vytvořených v programu „MS Office Excel“.

5.2 Vyhodnocení návrhu nové technologie obrábění

Simulovaný NC kód byl po několika úpravách vyhodnocený jako bezchybný. S tímto nově navrženým NC programem byl obroben zkušební kus kalibračního válce. Obrobený zkušební kus válce byl podroben kontrole rozměrů podle předepsaných výkresových hodnot. Pro kontrolu těchto rozměrů byla použita tyto následující měřidla:

- měrky pro rádius R9 mm,
- třídotykový digitální dutinoměr,
- digitální posuvné měřidlo,
- optický úhloměr,
- výškoměr TESA - hite 600,
- koncové měrky.

Po obrobení zkušebního kusu bylo provedeno měření, kde otvor o rozměru $\varnothing 65H6$ mm a všechny ostatní měřené rozměry se nacházely v požadované toleranci dle předepsaných hodnot na výkrese. Nebyly zjištěny žádné vady ani odchylky mimo tolerance. Souhrn naměřených hodnot zkušebního kusu je uveden v Příloze 4, která obsahuje rozměrový protokol o kontrole.

Návrh nové technologie výroby spolu s nově instalovaným CNC soustruhem a navrženým NC programem splňuje optimální podmínky pro obrábění kalibračních válců. Všemi směry nahrazuje současnou technologii výroby, a proto může být plně zařazen do výrobního procesu firmy.

6 Technicko - ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Porovnávání stávající a navrhované technologie výroby je zpracováno dle Metodiky stanovení spotřeby časů a Metodiky normování výkonů, které jsou ve VÚHŽ platné pro rok 2009. Porovnání je zpracováno v základních hodnotících ukazatelích.

6.1 Stanovení nákladů na výrobu u stávající technologie

Náklady na jeden kus pro i-tou operaci

$$N_{iO} = t_{iCST} \cdot N_{sh} \quad [Kč / ks] \quad (6.1)$$

N_{iO}	[Kč/ks]	náklady na i-tou operaci
N_{sh}	[Kč/hod]	hodinová sazba stroje
t_{iCST}	[hod/ks]	spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace pro stávající technologii

Výpočet nákladů na jeden kus pro i-tou operaci

$$N_{100} = 0,34 \cdot 450$$

$$N_{100} = 153Kč / ks$$

Tab. 6.1 – Hodinové sazby pro jednotlivé stroje

stroj	N_{sh} [Kč/hod]
SU 50 A	450,00
SIPP	386,00
HOV 25	360,00
16 A 20 F	440,00
PUMA V400	623,00

V Tabulce 6.2 jsou vypočteny náklady pro jeden kus u jednotlivých operací výroby dle vzorce (6.1).

Tab. 6.2 – Náklady na výrobu jednoho kusu u i-té operace

č. operace	t_{iCST} [hod/ks]	N_{sh} [Kč/hod]	N_{iO} [Kč/ks]
10	0,34	450,00	153,00
20	0,55	450,00	247,50
30	0,45	450,00	202,50
40	0,25	386,00	96,50
50	0,50	360,00	180,00
60	0,75	440,00	330,00

Náklady pro výrobu jednoho kusu u stávající technologie N_{CST}

$$N_{CST} = \sum N_{iO} \quad [Kč / ks] \quad (6.2)$$

Výpočet nákladů pro výrobu jednoho kusu N_{CST}

$$N_{CST} = 153,00 + 247,50 + 202,50 + 96,50 + 180,00 + 330,00$$

$$N_{CST} = 1209,50 Kč / ks$$

Hodnota nákladů na výrobu jednoho kusu u stávající technologie je $N_{CST} = 1209,50$ Kč/ks.

6.2 Stanovení nákladů na výrobu u navrhované technologie

Přípravný čas pro seřízení stroje

$$t_p = \frac{t_D}{DV_m} \quad (6.3)$$

t_D	[min]	čas na přípravu dávky
DV_m	[ks]	měsíční dávka výroby

Výpočet přípravného času pro seřízení stroje

$$t_p = \frac{120}{30}$$

$$t_p = 4 \text{ min}$$

Spotřeba času výroby jednoho kusu pro i-tou operaci u NC programu

$$t_{ic} = \frac{t_p + t_u + t_{AC}}{60} \quad (6.4)$$

t_{ic}	[hod/ks]	spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace NC programu
t_u	[min]	čas výměny kusu
t_p	[min]	přípravný čas pro seřízení stroje
t_{AC}	[min]	čistý strojní čas

Výpočet spotřeby času výroby jednoho kusu pro i-tou operaci

$$t_{0001c} = \frac{4 + 7 + 22,3667}{60}$$

$$t_{0001c} = 0,5561 \text{ hod}$$

Přípravný čas pro seřízení stroje t_p a čas pro výměnu kusu t_u byl zjištěn měřením. Čistý strojní čas t_{AC} byl zjištěn spuštěním simulace na CNC stroji.

V následující Tabulce 6.3 jsou uvedeny vypočtené hodnoty přípravného času pro seřízení stroje a hodnoty spotřeby času výroby jednoho kusu u jednotlivých operací nového NC programu dle vzorců (6.3) a (6.4).

Tab. 6.3 – Hodnoty naměřených a vypočtených spotřeb času výroby NC programu

NC program	O0001 (1. strana)	O0002 (2. strana)	O0003 (rádius)
t_p [min]	4	4	4
t_u [min]	7	7	5
cca t_{AC} [min]	23	20	7
cca t_{ic} [hod/ks]	0,56	0,52	0,27

Výpočet celkové hodnoty spotřeby času výroby pro nový NC program

$$t_{iCNT} = \sum t_{ic}$$

$$t_{iCNT} = 0,5561 + 0,5214 + 0,2722 \quad (6.5)$$

$$t_{iCNT} = 1,35 \text{ hod} / \text{ks}$$

Celková hodnota spotřeby času výroby pro NC program je $t_{iCNT} = 1,35$ hod/ks.

Náklady na jeden kus pro i-tou operaci

$$N_{iO} = t_{iCNT} \cdot N_{sh} \quad [\text{Kč} / \text{ks}] \quad (6.6)$$

t_{iCNT} [hod/ks] spotřeba času výroby jednoho kusu u i-té operace pro navrhovanou technologii

Tabulka 6.4 obsahuje vypočtené hodnoty nákladů na jeden kus pro jednotlivé operace výroby dle vzorce (6.6).

Tab. 6.4 – Náklady na výrobu jednoho kusu u i-té operace

č. operace	t_{iCNT} [hod/ks]	N_{sh} [Kč/hod]	N_{iO} [Kč/ks]
10	0,25	450,00	112,50
50	0,50	360,00	180,00
60	1,35	623,00	840,88

Náklady pro výrobu jednoho kusu u navrhované technologie N_{CNT}

$$N_{CNT} = \sum N_{iO} \quad [Kč / ks] \quad (6.7)$$

Výpočet nákladů pro výrobu jednoho kusu N_{CNT}

$$N_{CNT} = 112,50 + 180,50 + 840,88$$

$$N_{CNT} = 1133,38 Kč / ks$$

Hodnota nákladů na výrobu jednoho kusu u navrhované technologie je $N_{CNT} = 1133,38$ Kč/ks.

Úspora nákladů ve výkonech u jednoho kusu výrobku U_{NV}

$$U_{NV} = N_{CST} - N_{CNT} \quad [Kč / ks] \quad (6.8)$$

Výpočet úspory nákladů ve výkonech

$$U_{NV} = 1209,50 - 1133,38$$

$$U_{NV} = 76,12 Kč / ks$$

Hodnota úspory nákladů ve výkonech je $U_{NV} = 76,12$ Kč/ks.

6.3 Stanovení nákladů na spotřebu nástrojů

Náklady na spotřebu nástrojů u stávající a navrhované technologie jsou porovnány v životnosti VBD. Hlavní úspory nástrojů je docíleno při opracování úkosů 30° u kterých jsou nahrazeny destičky z CNB levnějšími keramickými destičkami, které přináší úsporu v jejich samotné ceně a nenuťnosti použití chlazení při obrábění.

Tab. 6.5 – Ceny břitových destiček

VBD	materiál	cena / ks
RNGN 090300	CNB	2300,00Kč
RNGN 120700	D460	261,00Kč

Stanovení životnosti VBD

$$Z_{VBD} = \frac{s \cdot h \cdot p}{s_{VBD}} \quad [Ks/1VBD] \quad (6.9)$$

s [-] počet funkčních stran VBD

h [-] počet řezných hran na jedné straně VBD

p [-] počet obrobených ploch

s_{VBD} [ks] spotřeba VBD

Stanovení nákladů na spotřebu VBD

$$N_{sVBD} = \frac{\text{cena VBD}}{Z_{VBD}} \quad [Kč / ks] \quad (6.10)$$

Z_{VBD} [ks / 1VBD] životnost jedné destičky při max. počtu obrobených kusů

Následující Tabulka 6.6 ukazuje porovnání životnosti VBD a nákladů na jejich spotřebu u stávající a nově navržené technologie vypočtených dle vzorců (6.9) a (6.10).

Tab. 6.6 – Porovnání životnosti a spotřeby nástrojů

VBD	s	h	p	s_{VBD} [ks]	Z_{VBD} [ks / 1VBD]	N_{sVBD} [Kč/ks]
1 RNGN 090300	2	5	4	2	20	115,00
2 RNGN 120700	2	3	5	2	15	17,40

Úspora nákladů v nástrojích u jednoho kusu výrobku U_{NN}

$$U_{NN} = N_{SVBD1} - N_{SBVBD2} \quad [Kč / ks] \quad (6.11)$$

Výpočet úspory nákladů v nástrojích

$$U_{NN} = 115 - 17,40$$

$$U_{NN} = 97,60 Kč / ks$$

Hodnota úspory nákladů v nástrojích je $U_{NN} = 97,60 Kč / ks$.

6.4 Stanovení celkové úspory nákladů**Stanovení celkové úspory při výrobě jednoho kusu U_C**

$$U_C = U_{NV} + U_{NN}$$

$$U_C = 76,12 + 97,60 \quad (6.12)$$

$$U_C = 173,72 Kč / ks$$

Celková úspora nákladů při výrobě jednoho kusu je $U_C = 173,72 Kč / ks$.

Stanovení celkové roční úspory při výrobní dávce 1150 ks U_{CR}

$$U_{CR} = U_C \cdot DV$$

$$U_{CR} = 173,72 \cdot 1150 \quad (6.13)$$

$$U_{CR} = 199\,782,00 \text{ Kč}$$

DV [ks] roční dávka výroby

Celková roční úspora nákladů při výrobní dávce 1150 ks je $U_{CR} = 199\,782,00 \text{ Kč}$.

6.5 Závěr vyplývající z technicko - ekonomického zhodnocení

Navrhované řešení z ekonomického hlediska přineslo úsporu a to díky změně operace č. 10 a sloučení operací č. 20, 30, 40 a 60 do jedné operace prováděné již na novém CNC soustruhu. Při sloučení těchto operací se zkrátil čas výroby o 0,65 hod/ks. Oproti stávající technologii, kdy spotřeba času výroby byla 2,84 hod/ks, je nyní u navrhované technologie výroby dosaženo času 2,10 hod/ks. Tato úspora ve výrobních časech snížila náklady i přesto, že pro nový CNC soustruh PUMA V400 byla stanovena poměrně velká hodinová sazba 623 Kč/hod. Z výše uvedených výpočtů pro navrhované řešení je úspora ve výkonech 76,12 Kč/ks.

Náklady se také výrazně snížily při návrhu vhodnějších břitových destiček. Při ceně 2300 Kč za jednu destičku z CNB se pohybovaly náklady na spotřebu VBD při obrobení jednoho kusu výrobku okolo 115 Kč/ks. U navrhovaného řešení, kde jsou použity levnější destičky z ŘK za cenu 261 Kč/ks, se pohybují náklady na spotřebu VBD okolo 17,40 Kč/ks. Úspora v nákladech na nástroje pak činí 97,16 Kč/ks. Celková úspora při obrobení jednoho kusu vychází 173,12 Kč/ks a při roční dávce cca 1150 ks by měla dosahovat celková roční úspora nákladů na výrobu přibližně 199 782 Kč. Mnohem větší úsporu v nákladech na novém CNC stroji pak přinese výroba větší rozměrové řady těchto kalibrovacích válců.

Z technického hlediska jsou pro navrhované řešení kladné přínosy hlavně ve spolehlivosti výroby na novém CNC stroji, celkové přesnosti při obrábění a nenutnosti použití chlazení při opracování nástroji s keramickými destičkami. Dalším přínosem je také řešení vertikální varianty nového CNC soustruhu, který díky svým malým půdorysným rozměrům zabírá méně místa na pracovišti.

7 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce byl návrh nové a co nejefektivnější technologie obrábění odstředivě litých kalibrovacích válců s využitím nově instalovaného CNC soustruhu PUMA V400, který v současné době nahrazuje starý NC soustruh 16 A 20 F a návrh optimálních řezných podmínek a řezných nástrojů. K novému CNC soustruhu byl vytvořen NC program v řídicím systému FANUC řady Oi-TC. K tvorbě tohoto programu a návrhu nové technologie bylo nutno provést rozbor stávající technologie výroby.

Z výše uvedených základních hodnotících ukazatelů vyplývá, že navrhovaná technologie výroby kalibrovacích válců přinese z ekonomického hlediska úsporu. Hlavní úspora bude v nákladech na nástroje, kde se při opracování tvrdší vrstvy válců použijí VBD destičky z řezné keramiky oproti současným dražším destičkám z CNB. Díky novému CNC obráběcímu stroji umožňuje navrhovaná technologie použití výkonnějších nástrojů, lepších řezných podmínek a dovoluje větší přesnost a spolehlivost při obrábění a tím i snižuje výrobní časy, které přináší další úsporu v nákladech na výrobu.

Navrhovaná technologie výroby splňuje veškeré technologické a ekonomické požadavky a proto je vhodná pro začlenění do výrobního procesu společnosti VÚHŽ a. s.

Na závěr děkuji Ing. Š. Tiché, Ph.D., Ing. D. Hanke a H. Miczkovi za cenné a podnětné rady při vypracování této diplomové práce.

Seznam použité literatury

- [1] GIRŠOVIČ, N. G. *Šedá litina I*. Odpovědný redaktor F. Mikš. 1. vyd. Praha: SNTL, 1955. 347 s. typ. č. II-3-B2-L 13.
- [2] VÚHŽ, a. s. [online]. c2006.
<<http://www.vuhz.cz/index.php?co=ovuhz&akce=predstav1>>.
- [3] *Keramické břitové destičky*. Saint-Gobain Advanced Ceramics, 2005. 28 s.
- [4] *Katalog nástrojů PRAMET - soustružení*. 2008. 339 s.
- [5] *Katalog nástrojů PILANA MCT*. 3. vyd. NAREX Consult, 2008. 40 s.
- [6] *Katalog nástrojů SECO Selection*. Fagersta, Sweden: PA Group Karlstad, 2005. 259 s.
- [7] *ISCAR Cutting Tools Catalog*. [online]. ISCAR LTD, c2009.
<<http://www.iscar.com/ecat/open.asp/Multlang/Y/country/EN/lang/EN/ECommerce/N/GFSTYP/M>>.
- [8] *Katalog nástrojů PRAMET – vrtání*. 2008. 31s.
- [9] *Příručka pro obsluhu FANUC Series 0i – TC*, 2005. 850 s.
- [10] Firemní literatura společnosti VÚHŽ a. s.
- [11] *Příručka obrábění PRAMET*. 2004. 101 s.

Seznam Příloh

- Příloha 1: Výrobní výkres č. RN – 7 – 063
(Pozn.: poskytnuto k dispozici oddělením technické kontroly)
- Příloha 2: Náskres polotovaru č. KV 001
- Příloha 3: Řídící program pro obráběcí stroj PUMA V400
- Příloha 4: Rozměrový protokol
(Pozn.: překresleno dle výkresové dokumentace firmy)
- Příloha 5: Diplomová práce v digitální podobě na CD-ROM